

25X1

25X1
25X1
25X1

SECRET

25X1

German Democratic Republic

BOOKLET ON PRACTICAL AND THEORETICAL BASES FOR ESTABLISHMENTS OF TECHNICAL NORMS FOR GAS PLANTS (67 pp; German; dated May 1950; date of

Comment: The attached document, entitled "Technical Standards for Gas Works", is alleged to be from the files of the ZAFT. It is divided into two parts, one practical and one theoretical. The part dealing with the practical aspects of technical standards is provided with numerous drawings and sketches. The following is the table of contents of the report:

25X1

25X1

25X1

Part I. Practical Use

- A. General; B. Mixed Gas Production; C. Gas Volume; D. Use of Coke; E. Waste-Heat Boiler; F. Production of Benzol; G. Tar production and the Cracking of Tar; H. Use of Crude Brown Coal and Brown-Coal Briquettes for the Degasification (Dry Distillation) Process; K. Wear and Tear on Gas-Producing Furnaces; L. Utilization of Gas-Producing Furnaces; M. Quality coefficient (Gueteograd); N. Practical Application; O. Ascertaining Operating Results

Part II. Theoretical Part

- A. General; B. Mathematical Treatment of the Problem of Standards; C. Statistics on Coal Research; D. The Use of Undergrate Firing; E. Ascertaining the Value of Standards for the Consumption of Coal for Producing Zusatzgas; the ~~3~~ Combustion Heats of Various Zusatzgase. (Gas which is added)
- F. Waste-Heat Boiler; G. Brief Notes on the Calculation of the Value of Standards and How Calculated Standards Compare with Actual Results Obtained; H. Consideration of the Production of Benzol; I. The Results of Cracking Tar; K. The Need for Additional Undergrate Firing as a Result of Insufficient Utilization of Gas-Producing Furnaces; L. The Water Content of Commercial Coke as Reported by Gas Works in Plant Reports, and Losses of Coke through Burning between the Emptying of the Degasification Chambers and Extinguishing and through Slurry; M. The Use of Crude Brown Coal and Brown-Coal Briquettes in the Degasification (Dry Distillation) Process; N. Allowance for the Age of a Furnace; O. Evaluation of Production and the Problem of Wages; P. Concluding Remarks

Return to CIA Library

25X1

25X1

CLASSIFICATION [Redacted] 25X1

[Redacted] 20002-3

25X1

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY
INFORMATION REPORT

REPORT [Redacted]

CD NO.

COUNTRY **East Germany**

DATE DISTR. **15 January 1953**

SUBJECT **Technical Stands for East German Gas Plants**
25X1

NO. OF PAGES **1**

25X1

PLACE ACQUIRED [Redacted]

NO. OF ENCLS. **1 (2 pages:**
(LISTED BELOW) [Redacted]

DATE OF INFO ACQUIRED [Redacted]

25X1

SUPPLEMENT TO REPORT NO. 25X1

[Redacted]

THIS DOCUMENT CONTAINS INFORMATION AFFECTING THE NATIONAL DEFENSE OF THE UNITED STATES WITHIN THE MEANING OF THE ESPIONAGE ACT, 50 U.S.C. 31 AND 32, AS AMENDED. ITS TRANSMISSION OR THE REVELATION OF ITS CONTENTS IN ANY MANNER TO AN UNAUTHORIZED PERSON IS PROHIBITED BY LAW. REPRODUCTION OF THIS FORM IS PROHIBITED.

THIS IS UNEVALUATED INFORMATION

* Documentary

[Redacted]

25X1

25X1

The attached report is sent to you for retention.

25X1

[Redacted]

FEB 26 1953

25X1 [Redacted]

THIS DOCUMENT HAS AN ENCLOSURE ATTACHED
DO NOT DETACH

CLASSIFICATION

SECRET

STATE	NAVY	NSRB		DISTRIBUTION										
ARMY	AIR	OSI	X											

SECRET

a photostatic copy of a 67-page document in the German language entitled "Technical Standards for Gas Works", alleged to be from the files of the DDR Zentralamt für Forschung und Technik (Central Office for Research and Technology) (ZAFT). The work is divided into two parts, one practical and one theoretical. The part dealing with the practical aspects of technical standards is provided with numerous drawings and sketches. The following is the table of contents of the report:

25X1

Part I. Practical Use

- A. General
- B. Mixed Gas Production
- C. Gas Volumes
- D. Use of Coke
- E. Waste-Heat Boiler
- F. Production of Benzol
- G. Tar Production and the Cracking of Tar
- H. Use of Crude Lignite and Lignite Briquettes for the De-Gasification (Dry Distillation) Process
- I. Consumption of Fuel Outside the Degasification (Dry Distillation) Process
- K. Wear and Tear on Gas-Producing Furnaces
- L. Utilization of Gas-Producing Furnaces
- M. Degree of Quality (Gütegrad)
- N. Practical Application
- O. Ascertaining Plant Results

Part II. Theoretical Part

- A. General
- B. Mathematical Treatment of the Problem of Standards
- C. Statistics on Coal Research
- D. The Use of Undergrate Firing
- E. Ascertaining the Value of Standards for the Consumption of Coke for Producing "Zusatzgas": The Burning Heats

SECRET

SECRET

25X1

- F. Waste-Heat Boiler
- G. A Short Note on the Calculation of the Value of Standards and How Calculated Standards Compare with Actual Results Obtained
- H. Consideration of the Production of Benzol
- I. The Results (Auswirkung) of Cracking Tar
- K. The Need for Additional Undergrate Firing as a Result of Insufficient Utilization of Gas-Producing Furnaces
- L. The Water Content of Commercial Coke as Reported by Gas Works in Plant Reports and Losses of Coke through Burning Between the Emptying of the Degasification Chambers and Extinguishing and through Slurry
- M. The Use of Crude Lignite and Lignite Briquettes in the Degasification (Dry Distillation) Process
- N. Taking into Consideration the Age of a Furnace
- O. Evaluation of Production and the Problem of Wages
- P. Concluding Remarks

SECRET



Approved For Release 2004/02/23 : CIA-RDP83-00415R013900020002-3

Technische Normen für Zusätze

SECRET

Esma-Schnellhefter



Strasse:	Ort:	Firma:	Vom	19	Schrank:
			Bis	19	Fach:
			Inhalt:		Lfd. Nr.:

Stärke SS

~~SECRET~~

25X1



Approved For Release 2004/02/23 : CIA-RDP83-00415R013900020002-3

25X1

SECRET

Technische Normen für Gaswerke

T e i l I

Ausarbeitung für den praktischen Gebrauch

Bearbeiter:
Gas techn. Teil
Parade
Enger
Jahrde
Ergänzung

SECRET

SECRET

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

	<u>Seite</u>
A. Allgemeines	1
B. Mischgasausbringen	1
C. Gasvolumen	2
D. Koksverbrauch	3
a) Unterfeuerung	3
b) Wassergas	3
c) Generatorgas	3
d) Rauchgas	4
E. Abhitzeessel	4
F. Benzolgewinnung	6
G. Teerausbringen u. Teerverkrackung	7
H. Verbrauch von Rohbraunkohleu. Braunkohlenbriketts für den Entgasungsprozess	8
I. Brennstoffaufwand außerhalb des Entgasungsprozesses	8
K. Abnutzung der Gaserzeugungsöfen	9
L. Ausnutzung der Gaserzeugungsöfen	9
M. Gütegrad	10
N. Praktische Anwendung	11
O. Ermittlung der-Betriebsergebnisse	13

SECRET

Halle a.S., den 9.5.1950

Bearbeiter: Parade
Enger, Jährde
Baussus

SECRET

Festlegung technisch begründeter Normen
als Grundlage für die Betriebsüberwachung, die Bemessung
von Leistungsprämien und für den Leistungswettbewerb
in Gaswerken

Die Normen sind bearbeitet für die Gaswerke mit Kammerofenbetrieb und mit Retortenofenbetrieb, in letzterem Falle bei vollgefüllten und nicht vollgefüllten Entgasungsräumen. Der jeweilige Zustand der Ofenanlage findet Berücksichtigung.

Die Festlegung der Normen für das Gasausbringen und den verkäuflichen Koks hat folgende Grundlagen:

- a) eine Kohle (Garantiekohle), die den DVGW-Vorschriften für die Garantieleistungen von Gaswerksöfen entspricht und mit "G-Kohle" bezeichnet ist,
- b) die zurzeit durchgesetzte Kohle (Mittelwert aus zahlreichen Untersuchungen des Jahres 1949, in folgenden "D-Kohle" genannt. Entsprechend den Eigenschaften dieser "D-Kohle" sind die möglichen Leistungen der Gaswerksöfen errechnet. Die Zahlen für die Eigenschaften der Durchsatzkohle werden geändert werden, sobald die laufenden Untersuchungen im Hauptlaboratorium dies notwendig erscheinen lassen.
- c) Gasausbringen und verkäufliche Koksmengen sind für Verbrennungswärmen (H_0) von 3600 bis 4400 kcal je m^3 Mischgas bestimmt worden. Es wurde mit den in Tafel 1 verzeichneten Werten gerechnet, wobei mit Rücksicht auf die Gütevorschriften durchweg für den Rohkoks ein Wassergehalt von 10 % eingesetzt wurde.

Mischgas-Ausbringen.

Die bei bestimmten Mischgas-Verbrennungswärmen möglichen Zusatzgasmengen wurden nach der Gleichung

$$z = s \cdot \frac{H_1 - H_2}{H_1 - H_3}$$

errechnet.

SECRET

SECRET

Hierin bezeichnet:

- Z = Menge des Zusatzgases ($\text{Nm}^3/100 \text{ kg}$)
 S = Menge des Steinkohlengases aus der Rohkohle ($\text{Nm}^3/100 \text{ kg}$)
 H_g = Verbrennungswärme des Steinkohlengases (kcal/Nm^3)
 H_z = Verbrennungswärme des Zusatzgases (kcal/Nm^3)
 H_m = Verbrennungswärme des Mischgases (kcal/Nm^3).

Entsprechend den Angaben in Tafel 1 wurde die Steinkohlengas-Verbrennungswärme H_g mit 5300 kcal/Nm^3 und die Menge des Steinkohlengases für die Durchsatzkohle mit $29,4 \text{ Nm}^3/100 \text{ kg}$ Rohkohle eingesetzt. Die Verbrennungswärme des Zusatzgases wurde bei Generatorgas mit 900 kcal/Nm^3 in Ansatz gebracht.

Die Verbrennungswärme des in den Entgasungsräumen erzeugten reinen Wassergases beträgt im Durchschnitt 2800 kcal/Nm^3 . Durch das schwer zu vermeidende Einsaugen von Rauchgas im Stadium der Wassergaserzeugung entsteht ein Gemisch aus reinem Wassergas und teilreduzierten Rauchgas. Beträgt das Verhältnis reines Wassergas : teilreduzierten Rauchgas 5 : 1, die Verbrennungswärme des letzteren 400 kcal/Nm^3 , so ist die Verbrennungswärme des Wassergas-Rauchgas-Gemisches 2400 kcal/Nm^3 . Wenn dieser Zahlenwert als etwas zu niedrig betrachtet wird, der Anteil des teilreduzierten Rauchgases also als zu hoch, so ist zu bedenken, daß die Verbrennungswärme des reinen Wassergases im praktischen Betrieb wegen des nicht völlig zu vermeidenden Fallens der Temperatur im Entgasungsraum bei längerer Dampfzeiten etwas absinkt.

Je nachdem, ob Rauchgas außerhalb oder innerhalb der Entgasungsräume beigemischt wird, wurde mit einer Zusatzgas-Verbrennungswärme von 0 kcal/Nm^3 (Zusatz außerhalb des Entgasungsraumes) oder zufolge Teilreduktion der Kohlensäure mit einer Verbrennungswärme von 400 kcal/Nm^3 (Zusatz innerhalb der Entgasungsräume) gerechnet.

Gasvolumen.

Zur Umrechnung des Gasvolumens von $0^\circ\text{C}/760 \text{ Torr}$ auf $15^\circ\text{C}/760 \text{ Torr}$ dient die Formel:

$$f = \frac{760 \cdot (273 + t)}{273 \cdot (b - \quad)} = \frac{760 \cdot 288}{273 \cdot (760 - 12,8)} = 1,073;$$

hierin ist

t = 15°C

b = Barometerstand

= Sättigungsdruck des Wasserdampfes in mm Qu.S.

SECRETKokoverbrauch.

25X1

a) Unterfeuerung.

Für die Unterfeuerung im Trockenbetrieb wurde ein Verbrauch von 12 kg Reinkoks in Vollgenerator- und von 17 kg Reinkoks in Halbgeneratoröfen je 100 kg durchgesetzter Kohle zugrunde gelegt. Mit den Werten der Tafel 1 entspricht dies einen Aufwand von Rohkoks mit 10 % Wassergehalt von 16,7 kg/100 kg D-Kohle im Vollgeneratorofen und von 23,6 kg Rohkoks/100 kg D-Kohle im Halbgeneratorofen.

b) Wassergas.

Entsprechend einem Aufwand von 0,258 kg Kohlenstoff je Nm³ Wassergas wurde ein Rohkoksverbrauch von 0,39 kg/Nm³ Wassergas in den Entgasungsräumen eingesetzt. Hierzu tritt der Koksverbrauch im Dampfkessel für die Dampferzeugung zur Wassergasherstellung. Man braucht im Wassergasgenerator etwa 0,6-0,7 kg Dampf je Nm³ Wassergas, bei unvollkommenen Anlagen und in den Entgasungsräumen der Öfen bis 1,6 kg Dampf. Im Mittel wird mit 1 kg Dampf je Nm³ Wassergas gerechnet. Höhere Werte kommen nur bei niedrigem Zersetzungsgrad, d.h. bei unzweckmässig geführtem Betrieb, in Betracht. Bei 7- bis 5-facher Verdampfung ergibt sich ein Koksverbrauch im Dampfkessel von 0,143 - 0,2 kg je Nm³ Wassergas. Gewählt wurde 0,2 kg Koks je Nm³ WG.

Daneben wird zufolge der durch die Dampfung bedingten längeren Ausstehtzeiten eine zusätzliche Koks menge von etwa 0,18 kg/Nm³ Wassergas für Unterfeuerungszwecke benötigt.

Für die Krzeugung des reinen Wassergases sind also an Rohkoks mit 10 % Wasser insgesamt $(0,39 + 0,2 + 0,18)$ kg/Nm³ = 0,77 kg/Nm³ erforderlich, und demnach für das Wassergas-Rauchgas-Gemisch $\frac{5}{6} \cdot 0,77$ kg/Nm³ + $\frac{1}{6} \cdot 0,055$ kg/Nm³ = 0,65 kg/Nm³.

c) Generatorgas.

Ein gutes, im Zentralgenerator erzeugtes Generatorgas hat etwa folgende Zusammensetzung:

6 % CO₂ + 28 % CO + 10 % H₂ + 56 % N₂ = 100 % (Raumteile).

Hieraus errechnet sich die Verbrennungswärme zu

0,28 · 3020 + 0,10 · 3050 = 1151 kcal/Nm³ Generatorgas

und der Verbrauch an Kohlenstoff zur Bildung des Generatorgases

zu $(0,06 + 0,28) \cdot 0,536 = 0,162$ kg C je Nm³.

SECRET

- 4 -

SECRET

Beträgt, wie bei der D-Kohle, das Verhältnis:

$$\frac{\text{wasserhaltiger Rohkoks (10 \% H}_2\text{O)}}{\text{Reinkoks}} = \frac{74,5}{53,5} = 1,39$$

und der C-Gehalt des Reinkokes 92 % (vgl. Abschn. Abhitsekessel),
so entsteht ein Rohkoksverbrauch von

$$1,39 \cdot \frac{0,182}{0,92} = 0,275 \text{ kg Koks je Nm}^3 \text{ Generatorgas.}$$

Den weiteren Berechnungen ist eine Generatorgas-Verbrennungswärme von i. h. 900 kcal/Nm³ zugrunde gelegt, da das Generatorgas zur Mischgasherstellung nur aus Einzelgeneratoren entnommen werden kann. Für ein Generatorgas dieser Art sind bei den Berechnungen 0,230 kg Koks je Nm³ in Ansatz gebracht.

d) Rauchgas.

Der durch die Teilreduktion des Rauchgases in den Entgasungsräumen entstehende zusätzliche Koksverbrauch wurde mit 0,055 kg (Rohkoks mit 10 % Wasser) je Nm³ Zusatzgas eingesetzt.

Abhitsekessel.

Bei einem Unterfeuerungsverbrauch der Öfen je 100 kg durchgesetzter Kohle von 12 kg Reinkoks mit einem Kohlenstoffgehalt von etwa 92 % (Koks aus schlesischer Kohle) = 64,7 % im Rohkoks und einem Gehalt des Reinkokes an Wasserstoff von 0,7 % ergeben sich je 100 kg Kohle bei einem Wassergehalt des verwandten Rohkokes von 10 %

$$\begin{aligned} & 17 \cdot \frac{C \%}{100 \cdot 0,536} \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2 + 17 \cdot \frac{9 \cdot H \% + H_2O \%}{100 \cdot 0,804} \text{ Nm}^3 \text{ H}_2\text{O} \\ & = 17 \cdot \frac{64,7}{100 \cdot 0,536} \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2 + 17 \cdot \frac{9 \cdot 0,494 + 10}{100 \cdot 0,804} \text{ Nm}^3 \text{ H}_2\text{O} \\ & = 20,5 \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2 + 3,06 \text{ Nm}^3 \text{ Wasserdampf.} \end{aligned}$$

Haben die Abgase einen CO₂-Gehalt von 10-14 %, so entstehen an Abgas

$$\frac{20,5 \cdot 100}{14} \text{ bis } \frac{20,5 \cdot 100}{10} + 3,06 = 147 \text{ bis } 205 + 3,06 = 150 \text{ bis } 208 \text{ Nm}^3$$

SECRET

-5-

SECRET

Legt man eine mittlere spezifische Wärme von $c_p = 0,325$ für trockene Abgase und $0,37$ für Wasserdampf zugrunde, so beträgt der Wärmeinhalt der Abgase für jeden Grad Temperaturdifferenz:

$$(147 \text{ bis } 205) \cdot 0,325 + 3,06 \cdot 0,37 = 51 \text{ bis } 70 \text{ kcal.}$$

Der nutzbare Wärmeinhalt der Abgase sacht bei einer Abgastemperatur von 500° vor und 250° hinter dem Abhitzeessel

$$250 \cdot (51 \text{ bis } 70) = 12\,750 \text{ bis } 17\,500 \text{ kcal aus.}$$

Daraus errechnet sich bei einem Wirkungsgrad des Abhitzeessels von $0,85$ und einem Wärmeinhalt des im Abhitzeessel gewonnenen Dampfes von 660 kcal (bei 6 atü) eine Dampfmenge von

$$\frac{12\,750 \text{ bis } 17\,500}{660} \cdot 0,85 = 16,4 \text{ bis } 22,5 \text{ kg Dampf je } 100 \text{ kg Durchsatzkohle.}$$

Würde das nutzbare Temperaturgefälle zwischen 550° und 250° liegen, so könnte man mit $20\text{--}27$ kg Dampf je 100 kg D-Kohle rechnen.

Hieraus folgt, daß im Abhitzeessel im allgemeinen und rund gerechnet soviel Dampf erzeugt werden kann, wie zur Wassergasherstellung im Bereiche der betrachteten Verbrennungswärmenötig ist. Dies gilt nach Tabelle 2 für Verbrennungswärmen von rd. 3900 kcal/M^3 aufwärts.

Sind, wie oben gesagt, je M^3 Wassergas $0,2$ kg Koks für die Dampferzeugung erforderlich, so kann ein Abhitzeessel

$$\text{rd. } 0,2 \cdot (20 \text{ bis } 27) = 4 \text{ bis } 5,4, \text{ i. H. v. etwa } 5 \text{ kg Koks je } 100 \text{ kg Einsatzkohle.}$$

ersparen. Ferner folgt, daß bei Verbrennungswärmen von 3800 kcal , vor allem aber darunter, die Hinsnahme von Dampf aus besonderen Dampfkessel nötig werden kann.

Bei Anschluss des Abhitzeessels an einen längeren Rauchgas kanal wären für Wärmeverluste 20% und bei dem Anschluss des Abhitzeessels an den Kessel in Form von schmiedeeisernen ausgebauerten und isolierten Rohrleitungen 5% in Absatz zu bringen. Da aber die Öfen mit oberer Absaugung der Rauchgase eine ungenügende Vorwärmung der Oberluft in der Rekuperation aufweisen, können beide Werte auf 20% abgestellt werden, sodass für Werke mit Naß-

SECRET

SECRET

25X1

- 6 -

betrieb in den folgenden Tabellen und Kurven durchweg mit einer mittleren Ersparnis von 4 kg Koks je 100 kg durchgesetzter Kohle gerechnet worden ist.

Benzolgewinnung.

1 Nm³ Steinkohlengas enthält etwa 25-40 g Benzol, i. B. bei Entgasung von Gaskohlen ca. 35 g/Nm³. Das Benzol wird bei der Benzolgewinnung mit einer Verbrennungswärme von 10 000 kcal/kg dem Steinkohlengas entzogen. Bei einer Benzolgewinnung von beispielsweise 20 g = 200 kcal/Nm³ Steinkohlengas ergibt sich eine Restverbrennungswärme des Steinkohlengases von 5100 kcal gegenüber der ursprünglichen Verbrennungswärme des Steinkohlengases von 5300 kcal und ein Mischgas mit 3800 kcal bei folgender Zusammensetzung:

$$29,4 \text{ Nm}^3 \text{ Stg} + 27,4 \text{ Nm}^3 \text{ Mg} = 56,7 \text{ Nm}^3 \text{ Mg.}$$

Dagegenüber machte das Gasausbringen ohne Benzolgewinnung

$$29,4 \text{ Nm}^3 \text{ Stg} + 31,5 \text{ Nm}^3 \text{ Mg} = 60,9 \text{ Nm}^3 \text{ Mg}$$

aus (Tafel 2). Hieraus ergibt sich eine Minderung des Gasausbringens von 4,2 Nm³ durch den geringeren Wassergasausatz. Die tatsächliche Volumensminderung, die bei Gewinnung von 20 g Benzol entsprechend 0,00574 Nm³ Benzoldampf entsteht, ist für die vorliegende Betrachtung ohne Belang.

Infolge des verringerten Wassergasausatzes senkt sich der Koksverbrauch für die Wassergaserzeugung. Dagegen muss die Verringerung der verkäuflichen Koks menge durch die Dampferzeugung für die Benzolaustreibung berücksichtigt werden. Rechnet man je Tonne Benzol einen mittleren Dampfverbrauch von 5 t, so ergibt sich bei 7-5facher Verdampfung im Dampfkessel ein Verbrauch von 0,7 - 1 t Koks je t Benzol oder rd. 1 kg Koks je kg Benzol. Macht das Steinkohlengasausbringen aus 1 t Kohle bei 0°C und 760 mm Torr 294 Nm³ aus, so ergeben 20 g Benzol je Nm³ Stg eine Erzeugung von 5,88 kg Benzol je t Kohle.

Auf diese Weise ist in der Tafel 3 der Einfluss der Benzolgewinnung auf das Gas- und Koks ausbringen abhängig von der Mischgas-Verbrennungswärme und von der Stärke der Auswäscher dargestellt.

SECRET

SECRET

25X1

Die Änderung des Gasausbringens in $\text{Nm}^3/100 \text{ kg}$ bestimmt sich in einfacher Weise zu $\frac{1000}{10} \cdot y$, worin y die Höhe der Benzolgewinnung in kg/t bezeichnet.

Die Änderung des Koksverbrauches errechnet sich, indem man den Unterschied in Gasausbringen mit dem Koksverbrauch je Nm^3 Zusatzgas multipliziert und hiervon den Koksverbrauch für die Dampferzeugung zur Benzolaustreibung ($= \frac{1}{10} \text{ kg/100 kg D-Kohle}$) subtrahiert.

(Ersetzt man den Ausdruck $\frac{1000}{10} y$ durch den Buchstaben r , und bezeichnet man den Koksverbrauch je Nm^3 Zusatzgas mit e , so stellt sich die Änderung des Koksverbrauches als

$$r : e = \frac{1}{10} y \text{ kg/100 kg}$$

dar, wobei der Koksverbrauch für die Dampferzeugung zur Benzolaustreibung mit $1 \text{ kg Koks/kg Benzol}$ eingesetzt wurde.

$$e_1 = 0,65 \text{ kg/Nm}^3 \text{ bei Wassergas}$$

$$e_2 = 0,23 \text{ kg/Nm}^3 \text{ bei Generatorgas}$$

$$e_3 = 0,055 \text{ kg/Nm}^3 \text{ bei Rauchgaszusatz innerhalb des Entgasungsraumes}$$

$$e_4 = 0 \text{ bei Rauchgaszusatz außerhalb des Entgasungsraumes}.$$

Während bei Werken mit Abhitzeessel im allgemeinen für die Dampferzeugung zur Benzolaustreibung kein zusätzlicher Koksverbrauch entsteht, gilt dies nicht für Werke mit Wassergaszusatz (Naßbetrieb), da bei diesen Werken die Leistungsfähigkeit des Abhitzeessels durch die Dampferzeugung zur Wassergasherstellung in Höhe von i.H. $4 \text{ kg/100 kg D-Kohle}$ erschöpft ist.

Teerausbringen und -verkrackung.

Bei einem mittleren Reinkohlegehalt von $82,6 \%$ beträgt die Norm für Teer, wie mit Hilfe der statistischen Verteilung der flüchtigen Bestandteile der Reinkohle festgestellt, rd. $4,3 \text{ kg/100 kg}$ durchgesetzte Rohkohle. Je kg im Entgasungsraum verkrackten Teers kann mit einer Spaltgassenge von etwa $0,5 \text{ Nm}^3$ mit einer Verbrennungswärme von rd. 4500 kcal/Nm^3 gerechnet werden.

SECRET

SECRET

In der Tafel 4 sind die bei dem Mischgas- und Verkaufskoks-Ausbringen vorzunehmenden Korrekturen vermerkt, die aus folgender Überlegung errechnet wurden:

Beträgt die Abweichung von der Norm a kg Teer/100 kg Rohkohle, so gibt dies eine Spaltgasmenge von $a \cdot 0,3 \text{ Nm}^3$.

Hieraus folgt als Änderung des Mischgasausbringens

$a \cdot 0,3 \cdot \frac{4500 - H_g}{H_m - H_g}$ und als Änderung der verkäuflichen Koks-

menge $a \cdot 0,3 \cdot e \cdot \frac{4500 - H_m}{H_m - H_g}$, worin e den zusätzlichen Koks-

verbrauch für die Herstellung des Zusatzgases darstellt.

Verbrauch von Rohbraunkohle und Braunkohlen-Briketts für den Entgasungsprozess.

Es werden je kg verbrauchte Rohbraunkohle oder -Briketts den praktischen Ausbringen an verkäuflichem Koks abgerechnet:

- a) bei Verwendung von Rohbraunkohle im Dampfkessel
0,5 kg Koks
- b) bei Verwendung von Braunkohlen-Briketts im Dampfkessel
0,7 kg Koks
- c) bei Verwendung von Braunkohlen-Briketts im Generator
0,7 kg Koks.

In Anrechnung kommt lediglich der Verbrauch für den Entgasungsprozess einschl. Benzolgewinnung und Ammoniakverarbeitung. (Nicht Beheizung der Gasbehälter und Raumheizung).

Brennstoffaufwand außerhalb des Entgasungsprozesses.

Brennstoffe, insbesondere Koks, die außerhalb des eigentlichen Entgasungsprozesses, beispielsweise für Beheizung der Gasbehälter, der Werkstätten, der Aufenthalts- und Büroräume, der Wohlfahrtseinrichtungen u.s.w. aufgewendet werden, rechnen im Rahmen der Normen nicht zum Verbrauch. Dies bedeutet, daß sich der Begriff "verkäuflicher Koks" nicht, wie üblich, auf den Unterschied zwischen erzeugter Koksenge und dem gesamten Eigenbedarf des Werkes bezieht, sondern auf den Unterschied zwischen erzeugter Koksenge und dem Bedarf für den Entgasungsvorgang.

SECRET

Aus den Unterlagen des Jahres 1949 ergibt sich ein Wassergehalt des verkäuflichen Kokes der Werke von mindestens 14 % i.H.:

hiernach errechnet sich der verkäufliche Koks ohne Wasser zu 86 % des verkäuflichen Kokes mit Wasser. Mit einem Betriebsverlust von 1,5 % wasserfreien Kokes (durch Verbrennung, Abrieb usw.) erhält man die Menge des Kokes mit 10 % Wassergehalt durch Multiplikation des als verkäuflich gemeldeten Kokes mit $\frac{0,86 \cdot 1,015}{0,9} = 0,97$ (Faktor gilt für 14 % Wassergehalt und ändert sich mit dem tatsächlich ermittelten Wassergehalt).

Abnutzung der Gaserzeugungsöfen.

Die Abnutzung der Gaserzeugungsöfen soll in den Normen entsprechend der Anzahl der Feuertage Berücksichtigung finden, soweit diese einen Zeitraum von 1825 Feuertagen (entsprechend 5 Betriebsjahren) übersteigen. Bis dahin müssen nach unserer Auffassung bei sachgemäßer und guter Pflege die Öfen die volle Leistung erbringen. Darüber hinaus werden für je 365 Feuertage (1 Betriebsjahr) 1 % dem von den Werken erreichten Ausbringen an Gas und verkäuflichem Koks zugeschlagen.

Die Feuertage zählen jeweils von der ersten Inbetriebnahme, dem letzten Einbau oder einer Großinstandsetzung. Für jedes An- und Abfeuern werden 100 Feuertage angerechnet.

Bei Horizontal-Retortenöfen beginnt der Zuschlag von 1 % an den Ausbringen an Gas und verkäuflichem Koks bereits nach einem Zeitraum von 1460 Feuertagen (4 Betriebsjahren).

Ausnutzung der Gaserzeugungsöfen.

Ein zusätzlicher Unterfeuerungsverbrauch entsteht durch unvollständige Ausnutzung der Ofenanlage.

Sind

- D der tatsächliche Durchsatz eines Zeitraumes,
- D_{\max} " bei normalen Ausstattungen mögliche Durchsatz im gleichen Zeitraum
- U " normale Unterfeuerungsverbrauch (12-17 kg Reinkoks je 100 kg) bzw.
- q das Verhältnis der Unterfeuerung ohne Verkokungswärme zur Unterfeuerung mit Verkokungswärme, so

findet sich der zusätzliche Unterfeuerungsverbrauch je 100 kg Rohkohle zu

$$U_z = q \cdot U \left(\frac{D_{max}}{D} - 1 \right)$$

- (q für mittlere Werke = 0,5
- q " kleine " = 0,6)

Gütegrad.

Durch Vergleich des tatsächlichen Ausbringens an Gas, verkäuflichem Koks, Teer und Benzol mit den ermittelten Normwerten wird ein Gütemaß geschaffen, aus dem sich die Leistung des einzelnen Werkes ergibt und das einen Vergleich der Werke untereinander gestattet.

Je nachdem, ob ein Werk Benzol gewinnt, Teer in nennenswerten Umfange verkrackt, mit überalterten Öfen arbeitet, schlecht ausgelastet ist usw., werden an dem erreichten Ausbringen an Gas und verkäuflichem Koks Zu- oder Abschläge angebracht, und so alle zu vergleichenden Werke gewissermaßen auf einen gemeinsamen Nenner gebracht.

Der Gütegrad ist

$$\eta = \frac{K_0 + p M_0}{K + p M}$$

Hierin bedeuten

- K_0 das tatsächlich erreichte Ausbringen an verkäuflichem Koks nach Berücksichtigung aller anzubringenden Korrekturen,
- M_0 das tatsächlich erreichte Ausbringen an Gas nach Berücksichtigung aller anzubringenden Korrekturen,
- K die Norm an verkäuflichem Koks,
- M die Norm des Gasausbringens,
- p den Dimensionsfaktor des Mischgases (Mischgasfaktor), mit dessen Hilfe es ermöglicht wird, die von jedem Werk erzeugten Mengen an Mischgas und verkäuflichem Koks zusammengefasst zu den Normwerten in Beziehung zu bringen und einen Gütegrad zu bestimmen, der auch den Leistungsvergleich zwischen verschiedenen Werken gestattet.

SECRET

Praktische Anwendung.

Zur praktischen Anwendung der technisch begründeten Normen ist die beigegefügte Tafel 6 entworfen worden, mit deren Hilfe sich in Spalte 30 der Gütegrad leicht errechnen lässt. In einzelnen wird die Tafel 6 wie folgt benutzt:

- Spalte 1: betrachteter Zeitraum (in der Regel der betr. Monat)
- " 2: Durchsatz, lt. Betriebsbericht
- " 3: mittlere Verbrennungswärme " "
- " 4: Benzolgewinnung in t " "
- " 5: " in kg/t D-Kohle " "
- " 6: Teererzeugung in t " "
- " 7: " in kg/100 kg D-Kohle "
- " 8: Teer-Verkrackung = 4,5 kg/100 kg minus Sp.7
- " 9: Mischgas-Ausbringen in m³ bei 150/760 Torr.
- " 10: " " in m³/100 kg D-Kohle bei 150/760 Torr. lt. Betriebsbericht
- " 11: Sp. 10 : 1,073 lt. Betriebsbericht
- " 12: $\frac{1}{100} \cdot \frac{\text{Ofenalter in Tagen} - 1825}{365}$. Spalte 11 (VK0)
- bzw. $\frac{1}{100} \cdot \frac{\text{Ofenalter} - 1460}{365}$. Spalte 11 (VR0)
- " 13: aus Tafel 3 "Einfluss der Benzolgewinnung", abhängig vom benutzten Zusatzgas und der Verbrennungswärme
- " 14: aus Tafel 4, "Einfluss der Teerverkrackung", abhängig von Zusatzgas und Verbrennungswärme
- " 15: Spalte 11 + Spalte 12 + Spalte 13 + Spalte 14
- " 16: Menge des verkäuflichen Kokes in t lt. Betr. Ber.
- " 17: Spalte 16 . 0,97 (bei 14 % Wasser)
- " 18: für Entgasungszwecke, Unterfeuerung und in Dampfkessel für Dampferzeugung zur Wassergasbildung verwandte Rohbraunkohlen und Braunkohlenbrikette in t lt. Betr. Ber.
- " 19: Spalte 18 . 0,7 für Brikette bzw. Spalte 18 . 0,5 für Rohbraunkohle

SECRET

SECRET

Spalte 20: Spalte 17 - Spalte 19

" 21: Spalte 19: Spalte 2

" 22: $\frac{1}{100} \cdot \frac{\text{Ofenalter in Tagen}-1825}{365}$. Spalte 20 (VKO)

 bzw. $\frac{1}{100} \cdot \frac{\text{Ofenalter} - 1460}{365}$. Spalte 20 (HRO)

" 23: aus Tafel 4 "Einfluss der Benzolgewinnung", abhängig von Zusatzgas, Verbrennungswärme und Vorhandensein eines Abhitzeessels, Vorzeichen beachten!

" 24: aus Tafel 4 "Einfluss der Teerverkrackung" entnehmen.

" 25: $U_z = q \cdot U \cdot \left(\frac{D_{\text{max}}}{D} - 1 \right)$.

Zur Ermittlung des möglichen Durchsatzes D_{max} sind die in den Garantien der Gaserzeugungsöfen enthaltenen Garungszeiten zu verwenden. Beträgt die Garungszeit g Stunden, so errechnet sich die Dampfzeit zu $g_D = \frac{2}{6} \cdot \frac{g \cdot Z}{383}$ Stunden (Z Wassergas-Rauchgas-Gemisch in $\text{Nm}^3/100 \text{ kg D-Kohle}$), die gesamte Ausstehzeit also zu $\frac{g}{228}$ (228 + 5 Z) Stunden. (naB)

Für nicht vollgefüllte Räume gelten (im Trockenbetrieb) 4-5 Stunden als normale Ausstehzeit.

$U = 17 \text{ kg je } 100 \text{ kg D-Kohle für Vollgeneratoröfen}$
 $U = 23,6 \text{ " " " " " für Halbgeneratoröfen}$
 $q = 0,6 \text{ " " " " " " kleine Werke}$
 $q = 0,5 \text{ " " " " " " mittlere Werke}$

Spalte 26: Spalte 21 + Spalte 22 - Spalte 23 (bei negativen Vorzeichen in der Tafel 3 nicht subtrahieren, sondern addieren:) + Spalte 24 + Spalte 25

" 27:) aus Tafel 2 zu entnehmen

" 28:)

" 29: aus Tafel 5 zu entnehmen

SECRET

SECRET

$$\text{Spalte 30: } = \frac{K_0 + p \cdot K_1}{K + p M} = \frac{\text{Spalte 26} + \text{Spalte 29} \cdot \text{Spalte 15}}{\text{Spalte 26} + \text{Spalte 29} \cdot \text{Spalte 27}}$$

Auf diese Weise ist das in der Tafel 6 enthaltene Beispiel durchgerechnet worden, das ein Gaswerk mit Wassergassusatz (Naßbetrieb), Abhitzeverwertung, Benzolgewinnung und Teerverkrackung bei normalen Ofenalter betrifft.

Da die von den Werken gemeldeten monatlichen mittleren Verbrennungswärmen im allgemeinen die verschiedensten Werte zwischen 3600 und 4400 kcal/Nm³ annehmen, so muss bei Ermittlung der Korrekturen mit Hilfe der Tabellen häufig interpoliert werden; bei Benutzung der Tafeln über den Einfluss der Benzolgewinnung und der Teerverkrackung ist in der Regel sogar eine doppelte Interpolation notwendig. Um die Ermittlung der Werte zu vereinfachen, sind dort, wo es zweckmässig erschien, die Tabellenwerte kurvenmässig dargestellt und als Anlage beigelegt worden.

Ermittlung der Betriebsergebnisse.

Die Normen dienen der Betriebsüberwachung, dem Betriebsvergleich, der Bemessung von Leistungsprämien und den Leistungswettbewerben und werden damit in Beziehung gesetzt zu den tatsächlich erreichten Betriebsergebnissen jedes Werkes. Wenn die genaue Ermittlung der Betriebsergebnisse schon immer ein selbstverständliches Erfordernis guter Betriebsführung war, so gewinnt sie in Zusammenhang mit den Normen erhöhte Bedeutung. Messen und Wägen werden der wichtigste Ausgangspunkt.

Dabei ist gedacht an die Bestimmung von Temperatur, Druck, Verbrennungswärme, Heizwert, Wasser im Koks, des Verbrauchs an Kohle, Koks und Briketts, der Erzeugung von Gas, Koks, Teer und Benzol. Erfordernisse sind die täglichen Betriebsaufzeichnungen der Verbrauchs- und Erzeugungsmengen nicht immer zuverlässig. Es ist erforderlich, sie am Monatsende mit Hilfe genauer Bestandsaufnahmen festzulegen und die sich aus den Betriebsaufzeichnungen ergebenden Werte zu korrigieren. Diese Bestandsaufnahmen müssen regelmäßig an jeden Monatsersten zur gleichen Zeit vorgenommen werden, und zwar durch Aufmaß und unter Anwendung der tatsächlichen Raumgewichte. Enthalten in dieser Weise die monatlichen Betriebsberichte wirklich zutreffende Betriebszahlen, so sind sie die einzige notwendige Grundlage für die Anwendung der Normen für Gaswerke

SECRET

SECRET

T a f e l 1

Technische Daten		G-Kohle	P-Kohle
Wassergehalt	*	4,0	3,8
Aschegehalt	*	8,0	13,6
Reinkohle	*	88,0	82,6
Flüchtige Bestandteile	*	27 bis 29	29,1
Koksausbringen (Rohkoks ohne Wasser)	*	68	67,1 ^{*)}
Verbrennungswärme (Gas) H_0	kcal/Nm ³	5360	5320
Gasausbringen der Reinkohle	Nm ³ /100 kg		
a) nach Geipert		30 bis 31	30 bis 34
b) in prakt. Betrieb		33 bis 35	33 bis 36
c) in prakt. Betrieb, im Mittel		34	35,6

*) für die Rechnung abgerundet auf 5300 kcal.

SECRET

SECRET

T a f e l 2 *

Nischgas- und Verkaufskokserbringer bei Vertikal-Kammeröfen, Vertikal- und Horizontalretortenöfen mit Vollgeneratoren und vollgefüllten Räumen.
Werke mit Wassergaszusatz (Nasbetrieb), $H_g = 2400 \text{ kcal/M}^3$

Verbren- nungs- wärme H_o	G a s			Verkaufk.Koks (Wassergehalt 10 %)					
	Steink.- Gas	Zusatz- Gas	Nisch - Gas	Koks- Ausbringen	Unter- feuerung	Koksverbr. f. Zusatzgas zuzügl. vermehrter Unterfeuerung	Verkaufk. Koks (ohne Ab- hitze- kessel)	Ersparnis durch Abhitze - kessel	Verkaufk. Koks (mit Ab- hitze- kessel)
kcal/M ³	M ³ /100 kg D-Kohle			kg/100 kg D-Kohle					
3600		41,6	71,0			27,0	30,8		34,8
3700		36,2	65,6			23,5	34,3		38,3
3800		31,5	60,9			20,5	37,3		41,3
3900		27,4	56,8			17,8	40,0		44,0
4000	29,4	23,9	53,3	74,5	16,7	15,5	42,3	4,0	46,3
4100		20,8	50,2			13,5	44,3		48,3
4200		18,0	47,4			11,7	46,1		50,1
4300		15,5	44,9			10,1	47,7		51,7
4400		13,2	42,6			8,6	49,2		53,2

Bei Werken mit Halbgeneratoröfen sind die verkäuflichen Koksmengen um 7 kg/100 kg D-Kohle zu erniedrigen.

SECRET

25X1

25X1

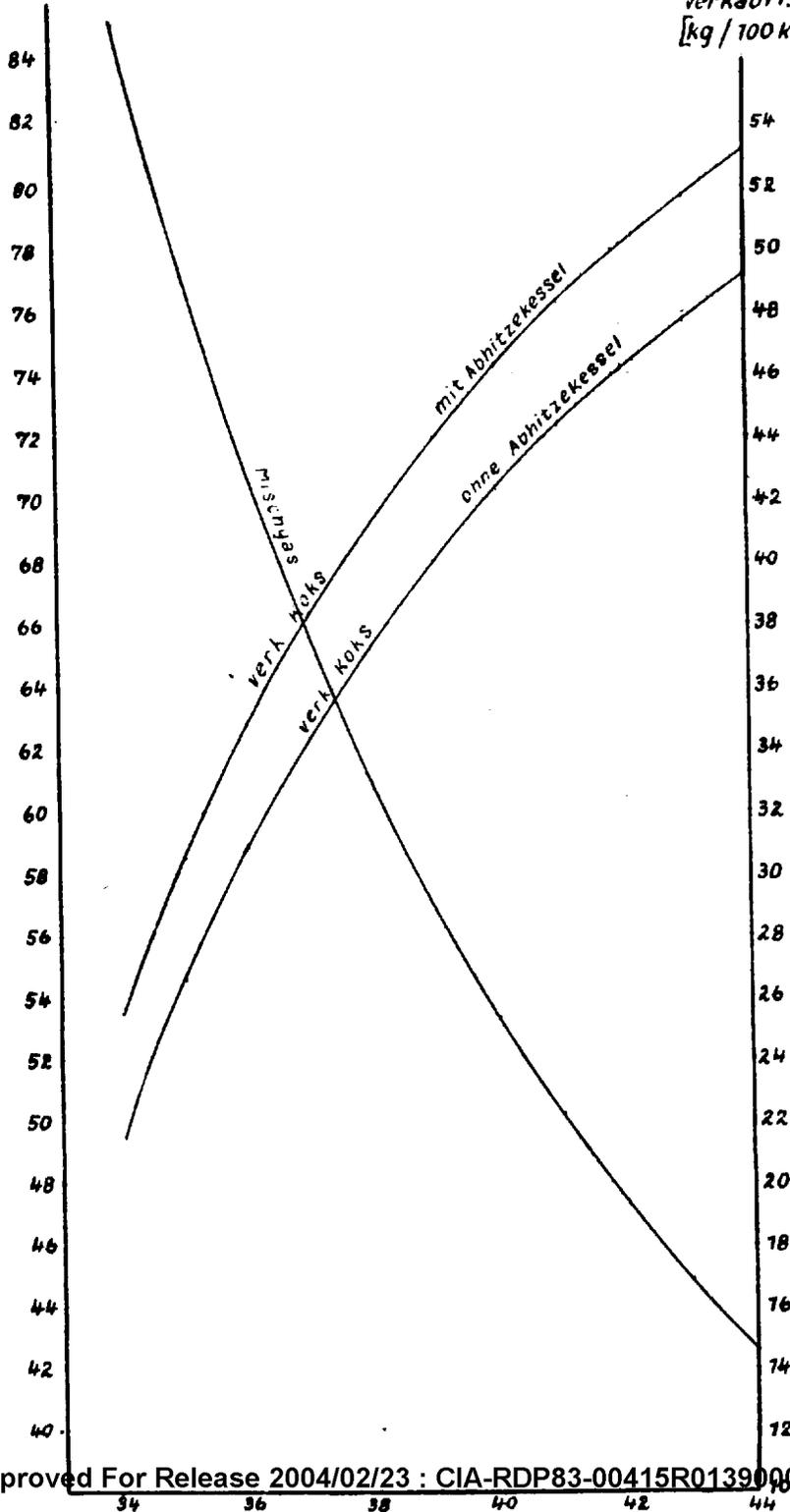
Approved For Release 2004/02/23 : CIA-RDP83-00415R013900200023
zu Tafel 2d (Ausbringen an Mischgas o. verk. Koks)

Werke mit Wassergaszusatz (Naßbetrieb), $H_2 = 2400 \text{ kcal/Nm}^3$

Mischgas
[Nm³/100kg]

verkäufli. KOKS
[kg/100kg]

SECRET



SECRET

Approved For Release 2004/02/23 : CIA-RDP83-00415R013900200023
12 Verbrennungswärme [100 kcal/Nm³]

T a f e l 2 b

Mischgas- und Verkaufskoksabbringen bei Vertikal-Kammeröfen, Vertikal- und Horizontalretortenöfen mit Vollgeneratoren
werke mit Generatorgaszusatz, $H_u = 900 \text{ kcal}/\text{Nm}^3$

Verbren- nungs- wärme H_o	Steink- Gas	Zusatz- Gas	Misch- Gas	Koks- Ausbringen	Unter- feuerung	Koksverbr. f. Zusatzgas suzügl. vermehrter Unterfeuerung kessel)	Verkäuf. Koks (Wassergehalt 10 %)		
							Verkäuf. Koks (ohne Ab- hitze- kessel)	Verkäuf. Koks durch Abhitze- kessel	Verkäuf. Koks (mit Abhitze- kessel)
kcal/Nm^3	$\text{Nm}^3/100 \text{ kg D-Kohle}$			$\text{kg}/100 \text{ kg D-Kohle}$					
3600		18.5	47.9			4.3	53.5		
3700		16.8	46.2			3.9	53.9		
3800		15.2	44.5			3.5	54.3		
3900		13.7	43.1			3.2	54.6		
4000	29.4.	12.3	41.7	74.5	16.7	2.8	55.0	ent- fällt	ent- fällt
4100		11.0	40.4			2.5	55.3		
4200		9.8	39.2			2.3	55.5		
4300		8.6	38.0			2.0	55.8		
4400		7.6	37.0			1.8	56.0		

Bei Werken mit Halbgeneratoröfen sind die verkäuflichen
 Koksmengen um 7 kg/100 kg D-Kohle zu erniedrigen.

SECRET

T a f e l 2 c

Mischgas- und Verkaufskoksausbringen bei Vertikal-Kammeröfen, Vertikal- und Horizontalretortenöfen mit Halbgeneratoren

Werke mit Rauchgaszusatz.
Fall 1): Heizwert des Zusatzgases = 0 gesetzt.

Verbren- nungs- wärme H ₀	Steink- Gas	G a s Zusatz- Gas	Misch- Gas	Koks- ausbringen	Verkauf- Unter- feuerung	Verkauf- Koks (Wassergehalt 10%) Koksverbr. Zusatzgas zunügl. vermehrter Unterfeuerung	Verkauf- Koks (ohne Ab- hitze- kessel)	ersparnis durch kessel	Verkauf- Koks (mit Ab- hitze- kessel)
kcal/m ³		m ³ /100 kg D-Kohle				kg/100 kg D-Kohle			
3600		13.9	43.3						
3700		12.7	42.1						
3800		11.6	41.0						
3900		10.6	40.0						
4000	29.4	9.6	39.0	74.5	26.7	0	57.8	entfällt	entfällt
4100		8.6	38.0						
4200		7.7	37.1						
4300		6.8	36.2						
4400		6.0	35.4						

Bei Werken mit Halbgeneratoren sind die verkäuflichen Koksmengen um 7 kg/100 kg D-Kohle zu erniedrigen.

25X1

SECRET

T a f e l 2 d

Mischgas- und Verkaufkoksaushbringen bei Vertikal-Kammeröfen, Vertikal- und Horizontalrotationsöfen mit Vollgeneratoren

Werke mit Rauchgaszusatz.
Fall 2): Heizwert des Zusatzgases = 400 kcal/m³ gesetzt.

Verbrennungswärme H _o kcal/m ³	G a s			Koks- ausbringen	Unter- feuerung	Verkaufk.Koks Koksverbr. f. Zusatzgas zusügl. vermehrter Unterfeuerung kg/100 kg D-Kohle	Verkaufk. Koks (ohne Ab- hitze- kessel)	Ergebnis durch Abhitze- kessel	Verkaufk. Koks mit Ab- hitze- kessel
	Steink- Gas	Zusatz- Gas	Misch- Gas						
3600		15.6	45.0			0.9	56.9		
3700		14.2	43.6			0.8	57.0		
3800		13.0	42.4			0.7	57.1		
3900		11.8	41.2			0.6	57.2		
4000		10.6	40.0			0.6	57.2		
4100	29.4	9.5	38.9	74.5	16.7	0.5	57.3	entfällt	entfällt
4200		8.5	37.9			0.5	57.3		
4300		7.5	36.9			0.4	57.4		
4400		6.6	36.0			0.4	57.4		

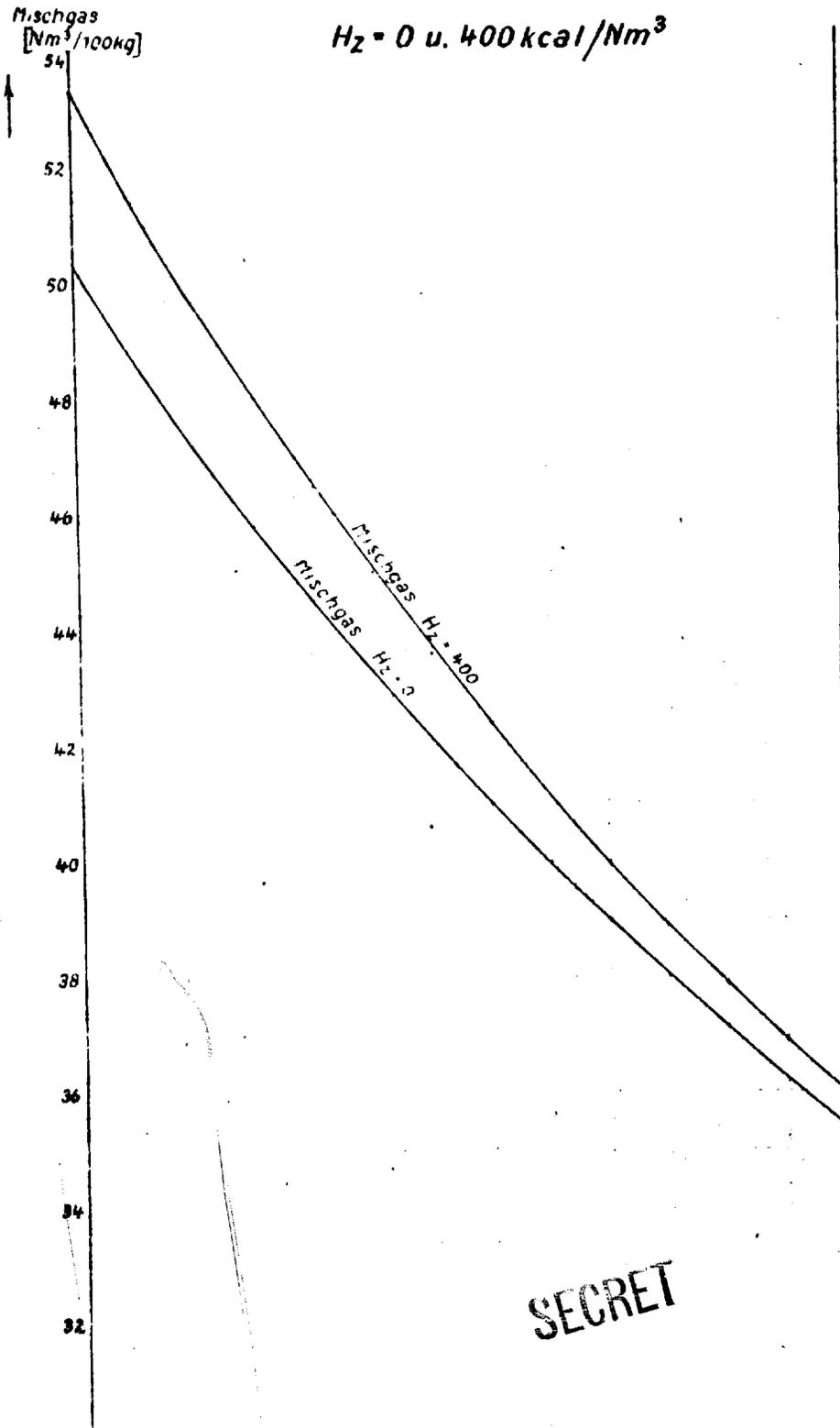
Bei Werken mit Halbgeneratortöpfen sind die verkäuflichen Koksmengen um 7 kg/100 kg D-Kohle zu erniedrigen.

SECRET

SECRET

SECRET

Werke mit Rauchgas - Zusatz.



SECRET

T a f e l 3 a

Einfluß der Benzolgewinnung

Änderung des Ausbringens an Gas und Verkaufskoks bei verschiedener Verbrennungswärme und verschiedenem Benzolaustragen.

Werke mit Wassergaszuwachs (Nagbetrieb), $H_g = 2400 \text{ kcal/Nm}^3$

Mischgas- Verbren- nungswärme kcal/Nm ³	Stärke der Benzolauswaschung in kg/t D-Kohle									
	1 kg/t	2 kg/t	3 kg/t	4 kg/t	5 kg/t	6 kg/t	7 kg/t	8 kg/t	9 kg/t	10 kg/t
	Änderung des Gasausbringens in Nm ³ /100 kg D-Kohle									
3600	0.8	1.7	2.5	3.3	4.2	5.0	5.8	6.7	7.5	8.3
3700	0.8	1.5	2.3	3.1	3.9	4.6	5.4	6.2	6.9	7.7
3800	0.7	1.4	2.1	2.9	3.6	4.3	5.0	5.7	6.4	7.2
3900	0.7	1.3	2.0	2.7	3.3	4.0	4.7	5.3	6.0	6.7
4000	0.6	1.3	1.9	2.5	3.1	3.7	4.4	5.0	5.6	6.3
4100	0.6	1.2	1.8	2.4	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9
4200	0.6	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6
4300	0.5	1.1	1.6	2.1	2.6	3.2	3.7	4.2	4.7	5.3
4400	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0

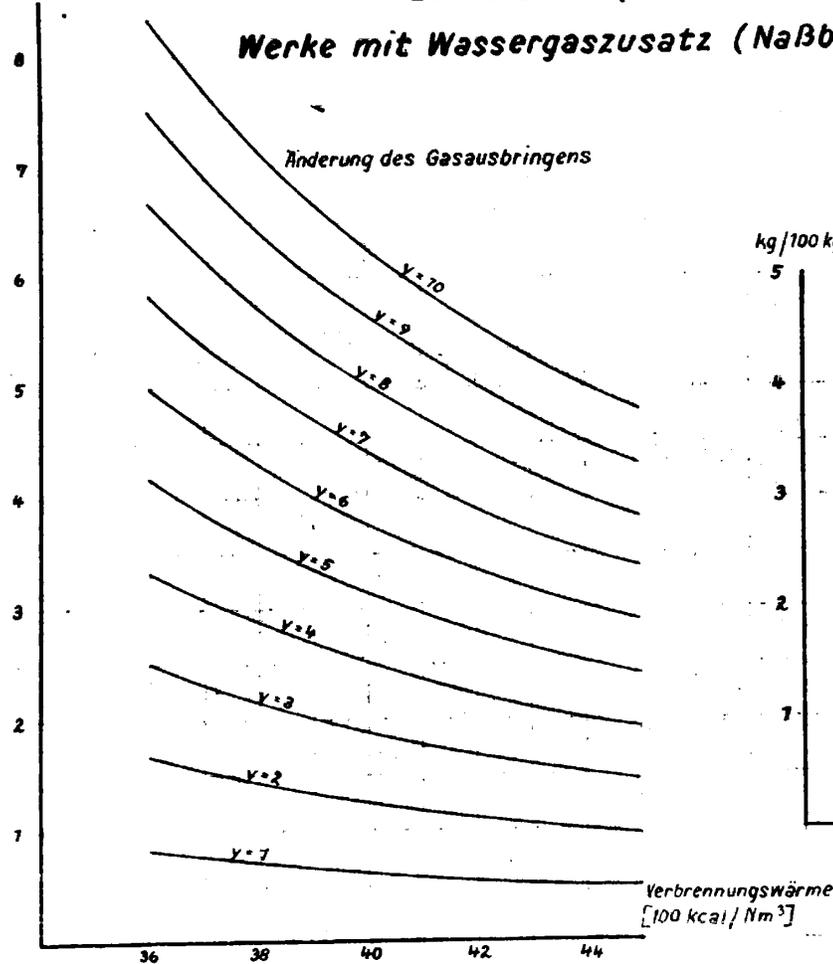
Mischgas- verbren- nungswärme kcal/Nm ³	Stärke der Benzolauswaschung in kg/t D-Kohle									
	1 kg/t	2 kg/t	3 kg/t	4 kg/t	5 kg/t	6 kg/t	7 kg/t	8 kg/t	9 kg/t	10 kg/t
	Änderung der verkäuflichen Koksmenge in kg/100 kg D-Kohle									
3600	0.4	0.9	1.3	1.8	2.2	2.6	3.1	3.5	4.0	4.4
3700	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0
3800	0.4	0.7	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5	2.9	3.3	3.6
3900	0.3	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3
4000	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.7	3.1
4100	0.3	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.5	2.8
4200	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.6	1.8	2.1	2.3	2.6
4300	0.2	0.5	0.7	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2	2.4
4400	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2

SECRET

Nm³/100 kg

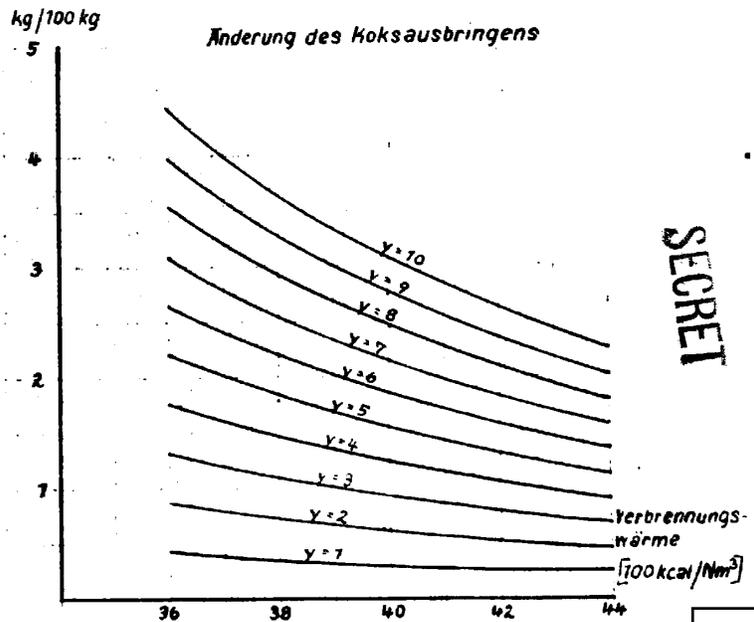
zu Tafel 3a (Einfluß der Benzolgewinnung)
Werke mit Wassergaszusatz (Naßbetrieb) $H_z = 2400 \text{ kcal/Nm}^3$

Änderung des Gasausbringens



kg/100 kg

Änderung des Koksausbringens



Verbrennungswärme
[100 kcal/Nm³]

SECRET

25X1

SECRET

Einfluss der Benzolgewinnung
 =====

**Änderung des Ausbringens an Gas und verkäuflichem Koks bei verschie-
 dener Verbrennungswärme und verschiedenen Benzolausbringen.**

Werke mit Gasatorgaswäscher, $H_g = 900 \text{ kcal/Nm}^3$.

Mischgas- Verbren- nungs- wärme kcal/Nm ³	Stärke der Benzolabwäscher in kg/t D-Kohle									
	1 kg/t	2 kg/t	3 kg/t	4 kg/t	5 kg/t	6 kg/t	7 kg/t	8 kg/t	9 kg/t	10 kg/t
	Änderung des Gasausbringens in Nm ³ /100 kg D-Kohle									
3600	0.4	0.7	1.1	1.5	1.9	2.2	2.6	3.0	3.3	3.7
3700	0.4	0.7	1.1	1.4	1.8	2.1	2.5	2.9	3.2	3.6
3800	0.5	0.7	1.0	1.4	1.7	2.1	2.4	2.8	3.1	3.4
3900	0.5	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3
4000	0.5	0.6	1.0	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6	2.9	3.2
4100	0.5	0.6	0.9	1.2	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1
4200	0.5	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0
4300	0.5	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	2.9
4400	0.5	0.6	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9

1.) Werke mit Abhitzeessel

Mischgas- Verbren- nungs- wärme kcal/Nm ³	Stärke der Benzolabwäscher in kg/t D-Kohle									
	1 kg/t	2 kg/t	3 kg/t	4 kg/t	5 kg/t	6 kg/t	7 kg/t	8 kg/t	9 kg/t	10 kg/t
	Änderung der verkäuflichen Koksausbeute in kg/100 kg D-Kohle									
3600	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
3700	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8
3800	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8
3900	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8
4000	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7
4100	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7
4200	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7
4300	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7
4400	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7

2.) Werke ohne Abhitzeessel

Mischgas- Verbren- nungs- wärme kcal/Nm ³	Stärke der Benzolabwäscher in kg/t D-Kohle									
	1 kg/t	2 kg/t	3 kg/t	4 kg/t	5 kg/t	6 kg/t	7 kg/t	8 kg/t	9 kg/t	10 kg/t
	Änderung der verkäuflichen Koksausbeute in kg/100 kg D-Kohle									
3600	-0.0	-0.0	-0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
3700	-0.0	-0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2
3800	-0.0	-0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2
3900	-0.0	-0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
4000	-0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3
4100	-0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3
4200	-0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3
4300	-0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
4400	-0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3

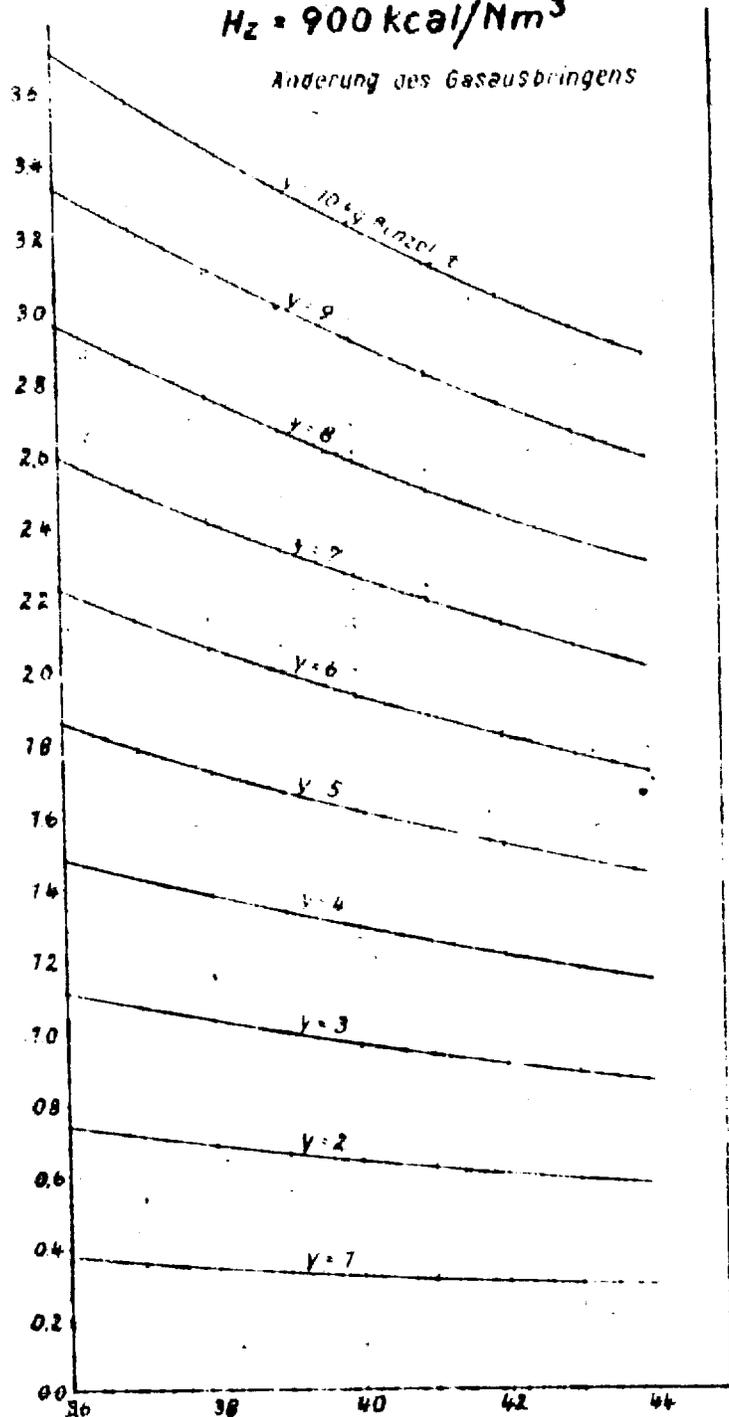
SECRET

zu Tafel 3b (Einfluß der Benzolgewinnung)

SECRET

**Werke mit Generatorgaszusatz,
 $H_z = 900 \text{ kcal/Nm}^3$**

$\text{Nm}^3/100\text{kg}$



Verbrennungswärme
(0 Heizwert H_m)
[100 kcal/Nm³]



SECRET

T a f e l 3 c

Einfluss der Benzolgewinnung

→ Werke mit Versuchsa-Zusatz, $H_2 = 0$ kcal/Nm³

Mischgas- Heizwert H_2 kcal/Nm ³	Stärke der Benzolabwasserung in kg/t Kohle									
	1 kg/t	2 kg/t	3 kg/t	4 kg/t	5 kg/t	6 kg/t	7 kg/t	8 kg/t	9 kg/t	10 kg/t
3600	0.3	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8
3700	0.3	0.5	0.8	1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.4	2.7
3800	0.3	0.5	0.8	1.1	1.3	1.6	1.8	2.1	2.4	2.6
3900	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.1	2.3	2.6
4000	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5
4100	0.2	0.5	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.4
4200	0.2	0.5	0.7	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.4
4300	0.2	0.5	0.7	0.9	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.3
4400	0.2	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3

Änderung des Ausbringens an verflüchtigen Koks in kg/100 kg D-Kohle:

Werke ohne Abhitzeofen

für alle Heizwerte	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
--------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

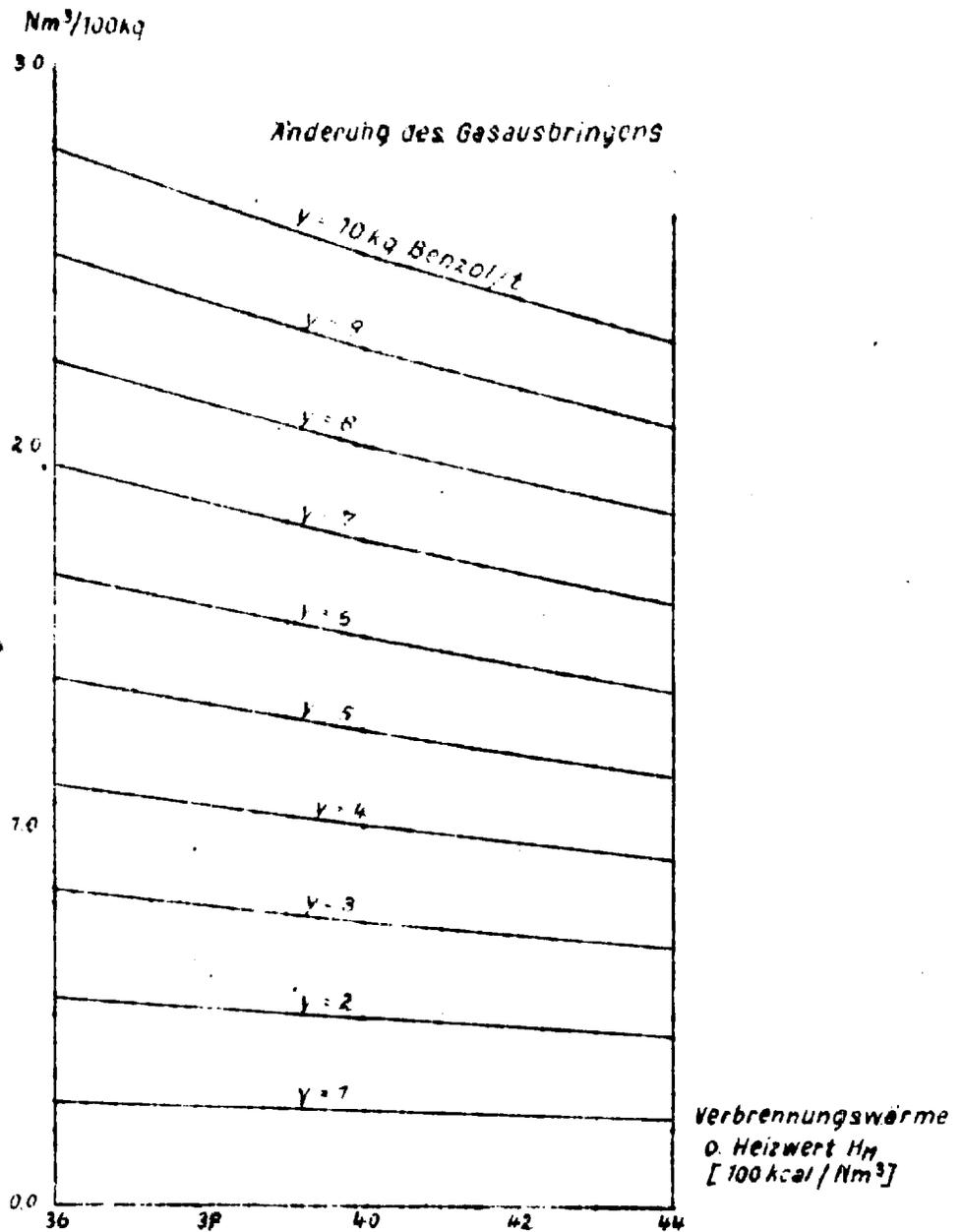
Werke mit Abhitzeofen

für alle Heizwerte: Keine Änderungen

SECRET

zu Tafel 3c (Einfluß der Benzolgewinnung) **SECRET**

Werke mit Rauchgas-Zusatz, $H_2 \cdot Okcal/Nm^3$



Einfluss der Benzolgewinnung

SECRET

d) Werke mit Rauchgas-Zufluss, $H_0 = 400 \text{ kcal/Nm}^3$

Mischgas- Heizwert H_0 kcal/Nm ³	Stärke der Benzolgewinnung in kg/t Kohle									
	1 kg/t	2 kg/t	3 kg/t	4 kg/t	5 kg/t	6 kg/t	7 kg/t	8 kg/t	9 kg/t	10kg/t
Anderung des Gasausbringens in Nm ³ /100 kg Kohle										
3600	0.3	0.6	0.9	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1
3700	0.3	0.5	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0
3800	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	2.9
3900	0.3	0.6	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9
4000	0.3	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8
4100	0.3	0.5	0.8	1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.4	2.7
4200	0.3	0.5	0.8	1.1	1.3	1.6	1.8	2.1	2.4	2.6
4300	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.1	2.3	2.6
4400	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5

1. Werke mit Abhitzeessel

Mischgas- Heizwert H_0 kcal/Nm ³	Stärke der Benzolgewinnung in kg/t D-Kohle									
	1 kg/t	2 kg/t	3 kg/t	4 kg/t	5 kg/t	6 kg/t	7 kg/t	8 kg/t	9 kg/t	10kg/t
Anderung der verfeinerten Koksmenge in kg/100 kg D-Kohle										
3600	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
3700	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
3800	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
3900	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
4000	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4100	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4200	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4300	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4400	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

2.) Werke ohne Abhitzeessel

Mischgas- Heizwert H_0 kcal/Nm ³	Stärke der Benzolgewinnung in kg/t D-Kohle									
	1 kg/t	2 kg/t	3 kg/t	4 kg/t	5 kg/t	6 kg/t	7 kg/t	8 kg/t	9 kg/t	10kg/t
Anderung der verfeinerten Koksmenge in kg/100 kg D-Kohle										
3600	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8
3700	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8
3800	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8
3900	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8
4000	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8
4100	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9
4200	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9
4300	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9
4400	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9

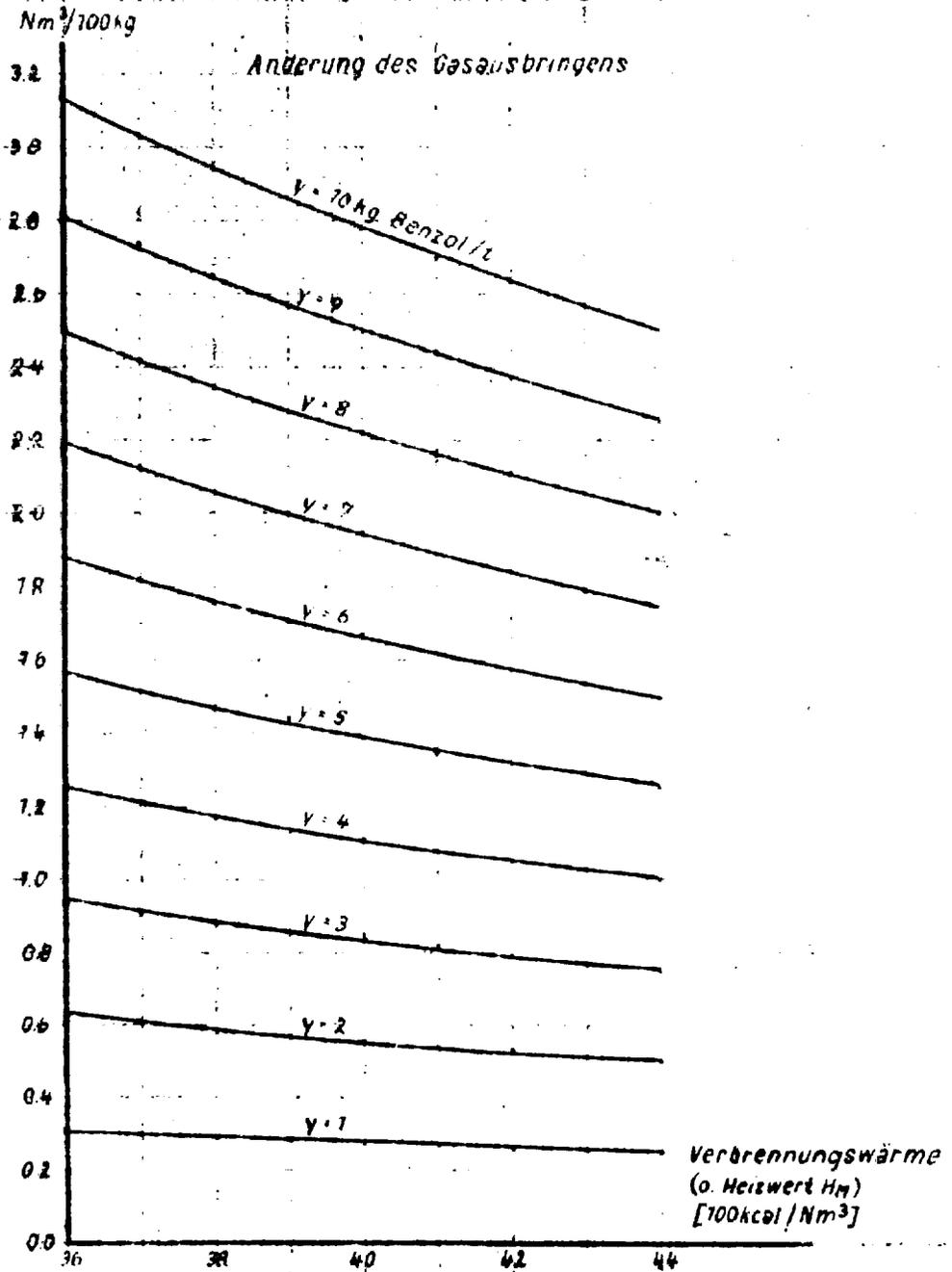
SECRET

25X1

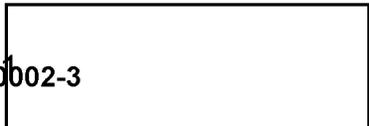
SECRET

zu Tafel 3d (Einfluß der Benzolgewinnung)

Werke mit Rauchgas-Zusatz, $H_z = 400 \text{ kcal/Nm}^3$



SECRET



SECRET

T a f e l 4 a

Einfluss der Feerverkrackung

Werke mit Wassergasausatz (Naßbetrieb)

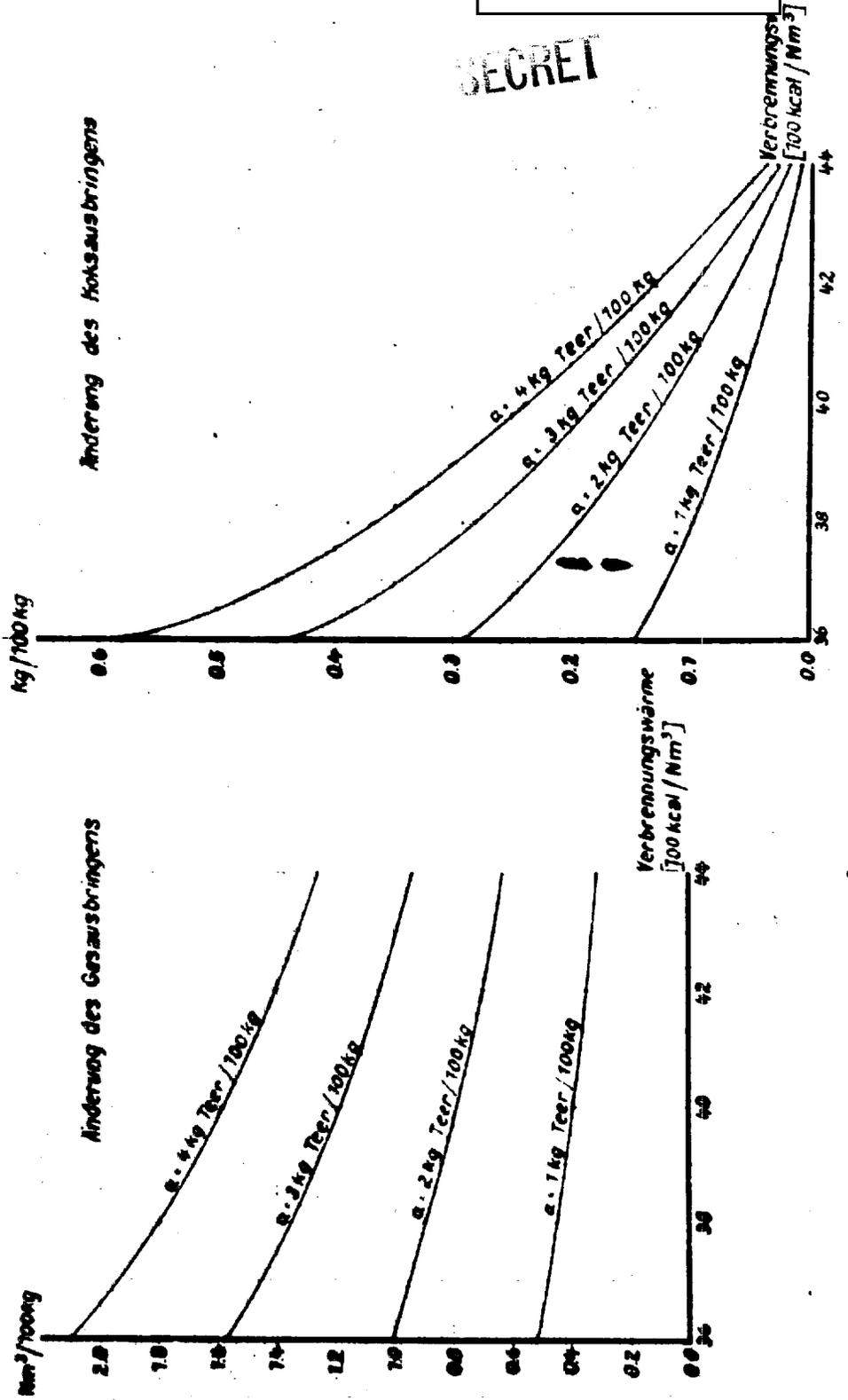
Hochgas- Verbren- nungswärme	Abweichung von der Norm a kg/100 kg D-Kohle				Abweichung von der Norm a kg/100 kg D-Kohle			
	a = 1	a = 2	a = 3	a = 4	a = 1	a = 2	a = 3	a = 4
kkal/m ³	Änderung des Gasausbringens kg/100 kg D-Kohle				Änderung des Koksausbringens kg/100 kg D-Kohle			
3600	0.5	1.0	1.6	2.1	0.1	0.3	0.4	0.6
3700	0.5	1.0	1.4	1.9	0.1	0.2	0.4	0.5
3800	0.4	0.9	1.3	1.8	0.1	0.2	0.3	0.4
3900	0.4	0.8	1.3	1.7	0.1	0.2	0.2	0.3
4000	0.4	0.8	1.2	1.6	0.1	0.1	0.2	0.2
4100	0.4	0.7	1.1	1.5	0.0	0.1	0.1	0.2
4200	0.3	0.7	1.0	1.4	0	0.1	0.1	0.1
4300	0.3	0.7	1.0	1.3	0	0	0.1	0.1
4400	0.3	0.6	0.9	1.3	0	0	0	0

SECRET

25X1

SECRET

**zu Tafel 4a (Einfluß der Teerverkockung)
Werke mit Wassergaszusatz (Nabetrieb) H_2 - 2400kcal/Nm³**



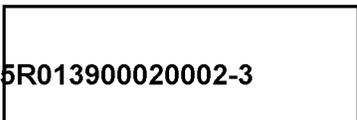
SECRET

T a f e l A b

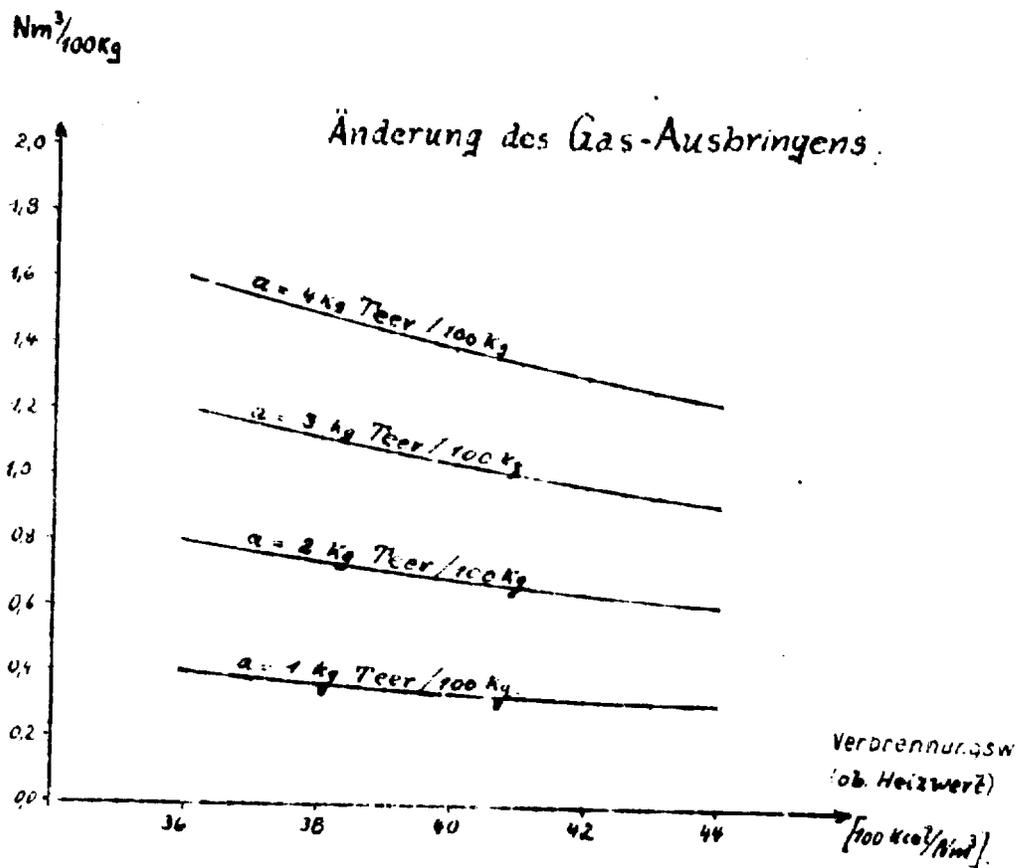
Einfluss der Teerverkrackung

Werke mit Generatorgas-Zusatz, $H_2 = 900 \text{ kcal/m}^3$

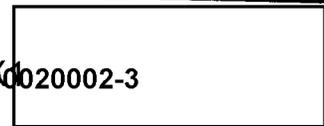
Mischgas- Verbren- nungs- wärme kcal/m ³	Abweichung von der Norm a kg/100 kg D-Kohle				Abweichung von der Norm a kg/100 kg D-Kohle			
	a = 1	a = 2	a = 3	a = 4	a = 1	a = 2	a = 3	a = 4
	Anderung des Gasausbringens m ³ /100 kg D-Kohle				Anderung des Koksausbringens kg/100 kg D-Kohle			
3600	0.4	0.8	1.2	1.6	0.0	0.0	0.1	0.1
3700	0.4	0.8	1.2	1.5	0.0	0.0	0.1	0.1
3800	0.4	0.7	1.1	1.5	0.0	0.0	0.1	0.1
3900	0.4	0.7	1.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.1
4000	0.3	0.7	1.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
4100	0.3	0.7	1.0	1.4) vernachlässigbar			
4200	0.3	0.7	1.0	1.3				
4300	0.3	0.6	1.0	1.3				
4400	0.3	0.6	0.9	1.2				



SECRET



zu Tafel 4b: Einfluß der Teerverkräutung.
(Werke mit Generatorgaszusatz)
 $H_2 = 900 \text{ kcal/Nm}^3$



T a f e l 4 c

SECRET

Einfluss der Teerverkackung

Werke mit Rauchgas-Zusatz.

1.) Verbrennungswärme des Zusatzgases = 0 kcal/Nm³

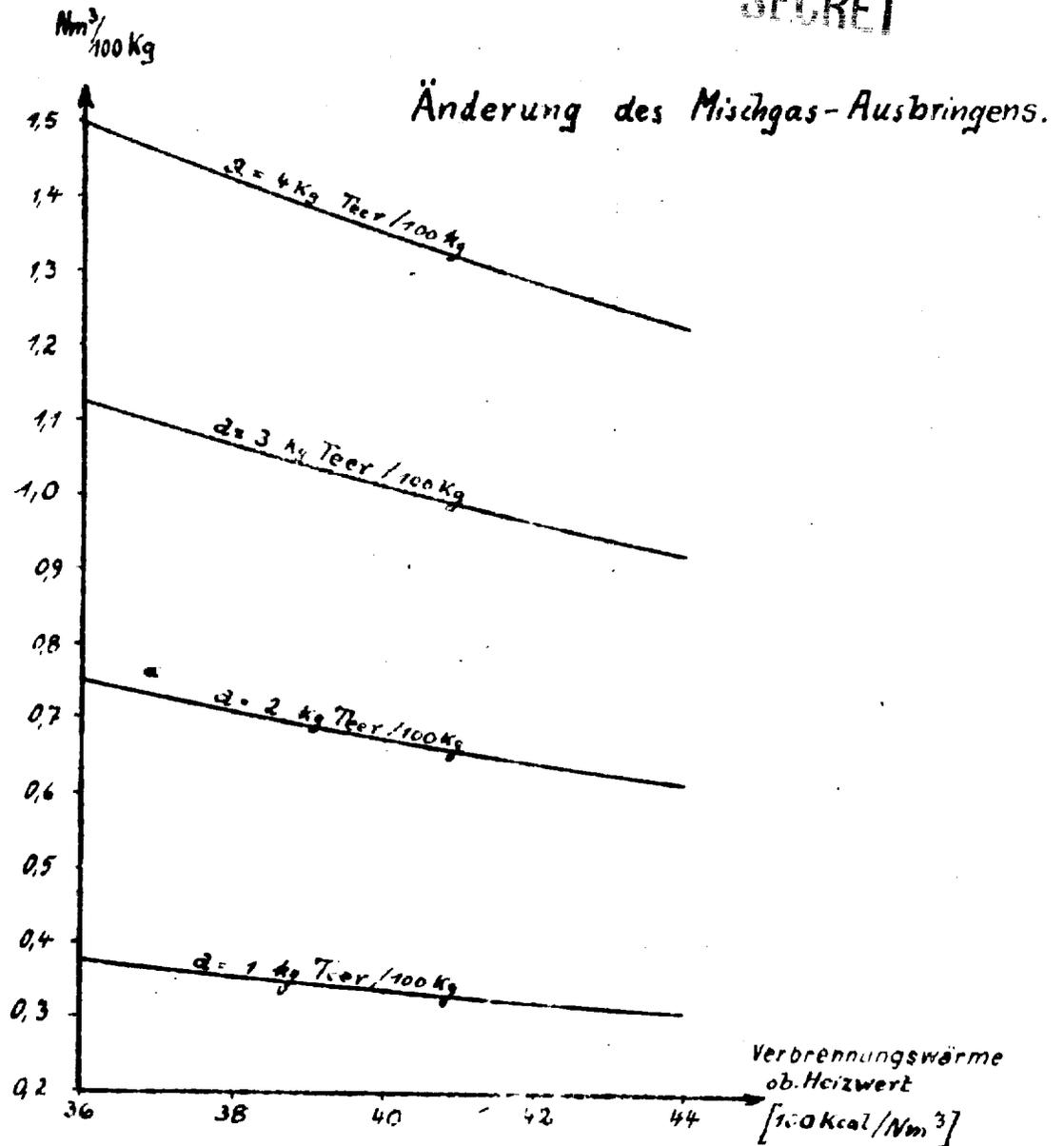
Mischgas- Heizwert H ₀ kcal/Nm ³	Abweichung von der Norm a kg/100 kg D-Kohle			
	a = 1	a = 2	a = 3	a = 4
	Anderung des Gasausbringens Nm ³ /100 kg			
3600	0.4	0.8	1.1	1.5
3700	0.4	0.7	1.1	1.5
3800	0.4	0.7	1.1	1.4
3900	0.3	0.7	1.0	1.4
4000	0.3	0.7	1.0	1.4
4100	0.3	0.7	1.0	1.3
4200	0.3	0.6	1.0	1.3
4300	0.3	0.6	0.9	1.3
4400	0.3	0.6	0.9	1.2

2.) Verbrennungswärme des Zusatzgases = 400 kcal/Nm³

3600	0.4	0.8	1.2	1.5
3700	0.4	0.7	1.1	1.5
3800	0.4	0.7	1.1	1.5
3900	0.4	0.7	1.1	1.4
4000	0.3	0.7	1.0	1.4
4100	0.3	0.7	1.0	1.3
4200	0.3	0.6	1.0	1.3
4300	0.3	0.6	0.9	1.3
4400	0.3	0.6	0.9	1.2

SECRET

SECRET



zu Tafel 4c: Einfluss der Teerverkrackung.

(Werke mit Rauchgas-Zusatz, $H_2 = 0$)

Die Kurven für $H_2 = 400$ sind für den prakt. Gebrauch mit obigen Werten hinreichend identisch.

SECRET

SECRET

T a f e l 5

Mischgas-Faktor für verschiedene Verbrennungswärmen

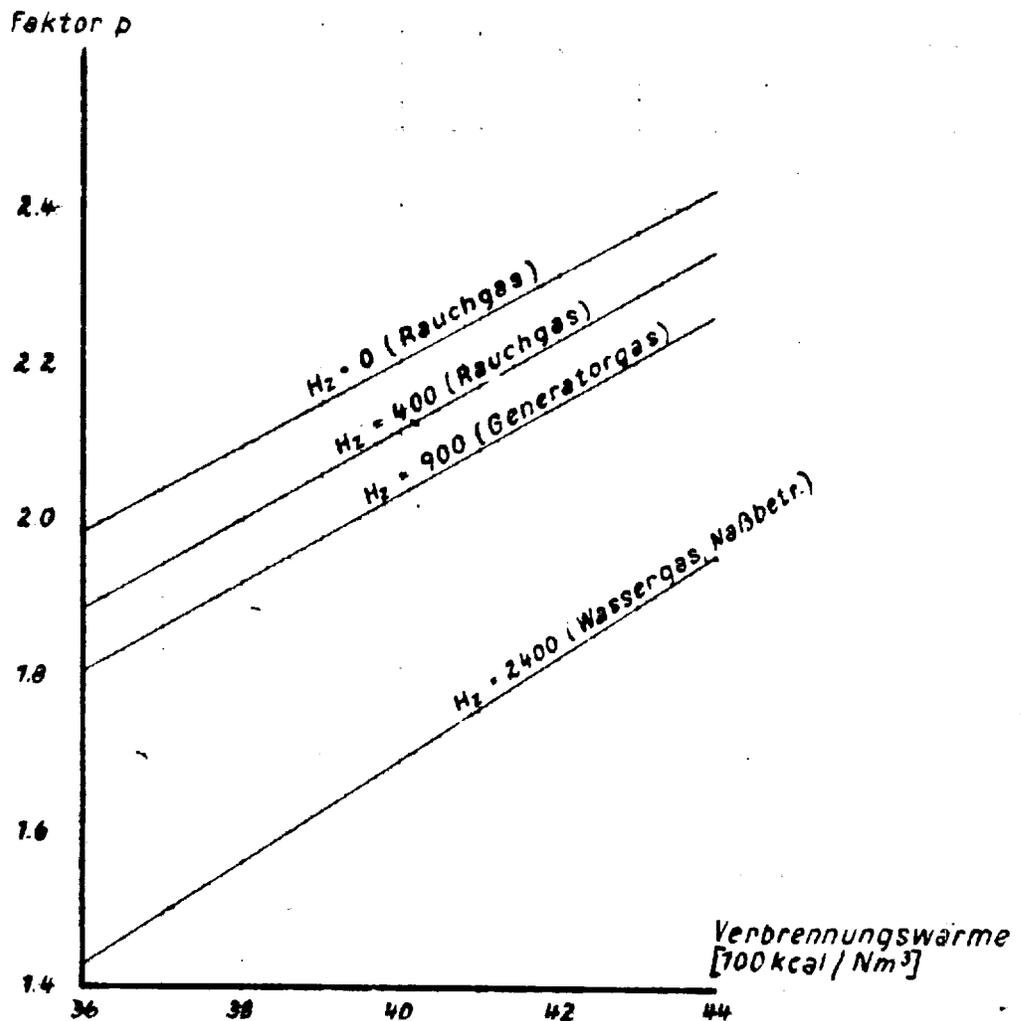
Mischgas- Verbrennungs- wärme H_2 kcal/Nm ³	Faktor p für Werke mit Zusatz von			
	Wassergas	Generatorgas	Rauchgas ($H_2 = 0$)	Rauchgas ($H_2 = 400$)
3600	1.43	1.80	1.98	1.88
3700	1.49	1.86	2.04	1.94
3800	1.56	1.91	2.10	2.00
3900	1.62	1.97	2.15	2.06
4000	1.69	2.03	2.20	2.11
4100	1.75	2.09	2.26	2.17
4200	1.82	2.14	2.31	2.21
4300	1.88	2.20	2.37	2.28
4400	1.95	2.26	2.42	2.34

SECRET

SECRET

zu Tafel 5

Mischgasfaktor für verschied. Verbrennungswärmen



SECRET

Energiebezirk West
Vereinigung volkseigener Betriebe (Z)

SECRET

Technische Normen für Gaswerke

T e i l I I

Theoretischer Teil

Bearbeiter:

Gastechn. Teil

Parade

Enger

Baussy

Mathem. Teil

Baussy

SECRET

SECRETI n h a l t s v e r z e i c h n i s

	<u>Seite</u>
A. Allgemeines	1
B. Mathematische Behandlung des Normproblems	2
C. Statistik der Kohlenuntersuchungen	6
D. Unterfeuerungsverbrauch	8
E. Ermittlung der Normwerte für den Koksverbrauch für die Herstellung des Zusatzgases. Die Verbrennungswärmen der verschiedenen Zusatzgase	8
I. Wassergas	8
II. Generatorgas	10
III. Rauchgas	11
F. Abhitzekeessel	12
G. Kurze Bemerkung über die Berechnung der Normwerte und ihren Vergleich mit den tatsächlich erzielten Ergebnissen	14
H. Berücksichtigung der Benzolerzeugung	14
J. Die Auswirkung einer Teerverkrackung	15
K. Zusätzlicher Unterfeuerungsbedarf infolge zu geringer Ausnutzung der Gaserzeugungsöfen	16
L. Der Wassergehalt des von den Gaswerken in den Betriebsberichten angegebenen verkäuflichen Kokes und Koksverluste durch Verbrennung zwischen der Leerung der Entgasungsräume und dem Löschen und durch Abrieb	18
M. Die Verwendung von Rohbraunkohle und Braunkohlenbriketts für den Entgasungsprozess	18
N. Berücksichtigung des Ofenalters	19
O. Leistungsbewertung und Lohnproblem	19
P. Schlußbetrachtung	20

SECRET

SECRET

Zur Auffindung technisch begründeter Normen für Gaswerke.

A. Allgemeines.

Für die Betriebsüberwachung, die Bemessung von Leistungsprämien und für den Leistungswettbewerb in Gaswerken ist es notwendig, über gewisse Normwerte als Grundlagen gerechter Beurteilung des betrieblich Erreichten zu verfügen.

Der Aufstellung solcher Normen müssen notwendigerweise im praktischen Betrieb experimentell ermittelte Ausgangswerte zugrunde gelegt werden. Es muss ein Vergleichssystem geschaffen werden, mit dessen Hilfe vernünftige Forderungen in bezug auf die praktischen Stoffausbeuten der Gaswerke gestellt werden können; mit bestimmten Mitteln und Mengen sind bestimmte Ergebnisse zu erzielen. Ob ein Werk über Kammer- oder Retortenöfen verfügt, ob in letzterem Falle mit vollgefüllten oder nicht vollgefüllten Entgasungsräumen gearbeitet wird, ob Benzol erzeugt oder Teer in nennenswertem Umfange verkrackt wird, muss ebenso Berücksichtigung finden wie der Zustand (das Alter) der Ofenanlage, der Ausnutzungsgrad der im Feuer stehenden Ofenkapazität und die inzwischen ausgearbeiteten Gütevorschriften für die auszubringenden Gaswerksprodukte.

Mit Hilfe der Tabelle 1¹⁾, welche die Stoffausbeuten bei der Hochtemperaturdestillation in diskontinuierlichen Vertikal-kammeröfen bezogen auf 1 t Reinkohle angibt, ist es möglich, Normwerte für Mischgas und verkäuflichen Koks zu berechnen. Die Tabellenwerte gelten für eine mittlere konstante Temperatur. Dass sich im praktischen Betrieb infolge Änderungen der Ofentemperatur und den damit verbundenen proportionalen Änderungen von Steinkohlengaseusbringen und Verbrennungswärme Abweichungen ergeben, ist für das Vergleichssystem unwesentlich, da es auf mittleren experimentellen Daten beruht und nur Forderungen in sich trägt, die bei zweckmässiger Betriebsführung und Betriebsweise zu erfüllen sind.

1) Didier-Kogag-Hinselmann, Kalender, Essen 1950, S.29, Tab.16

SECRET

Im übrigen kann den nicht mit Normalverhältnissen in Einklang zu bringenden Bedingungen der Gaswerke durch die Einführung von Koeffizienten, durch Zu- oder Abschläge auf das tatsächlich erreichte Ausbringen zur Durchführung eines gerechten Vergleichs mit den Normwerten Rechnung getragen werden.

B. Mathematische Behandlung des Normproblems.

Zunächst seien die meisten der zu benutzenden Bezeichnungen aufgeführt und erläutert (in der rechts vermerkten Dimensionsangabe bedeutet D Durchsatz- oder Rohkohle, R Reinkohle):

W	Wassergehalt der Rohkohle	kg/100 kg D
A	Aschegehalt der Rohkohle	kg/100 kg D
F	flüchtige Bestandteile der Rohkohle	kg/100 kg D
f	flüchtige Bestandteile der Reinkohle	kg/100 kg R
G	Menge des Steinkohlengases aus der Reinkohle lt. Tabelle I	Nm ³ /t R
S	Menge des Steinkohlengases aus der Rohkohle (Norm)	Nm ³ /100 kg D
Z	Menge des Zusatzgases (Norm)	Nm ³ /100 kg D
M	Menge des Mischgases (Norm)	Nm ³ /100 kg D
H _S	o.Heizwert des Steinkohlengases (Norm)	kcal/Nm ³
H _Z	o.Heizwert des Zusatzgases (Norm)	kcal/Nm ³
H _M	o.Heizwert des Mischgases	kcal/Nm ³
K _A	je 100 kg Rohkohle auszubringende Rohkoksmenge mit 10 % Wassergehalt (Norm)	kg/100 kg D
K _V	verkäufl. Koks (Rohkoks mit 10 % Wasser (Norm))	kg/100 kg D
U	Unterfeuerung im Trockenbetrieb (Rohkoks mit 10 % Wasser) (Norm)	kg/100 kg D
e	Koksverbrauch (Rohkoks mit 10 % Wasser) für die Herstellung des Zusatzgases (Norm)	kg/100 kg D
k	Verhältniszahl $\frac{\text{Rohkoks mit 10 \% Wasser}}{\text{Rohkoks ohne Wasser}}$ (Norm) = 1,11	
u	tatsächlich erzeugte Mischgasmenge, den für M geltenden Bedingungen entsprechend	Nm ³ /100 kg D
κ _v	tatsächlich erzeugte Menge an verkäuflichem Koks, den für K _V geltenden Bedingungen entsprechend	kg/100 kg D

SECRET

SECRET

Tabelle 1

Flüchtige Bestandteile der Reinkohle in kg		120	160	200	240	280	320	360	400
Bildungswasser	kg	13	19	23	31	40	56	80	104
Teer	kg	4	9	19	31	43	51	56	56
Gas	Nm ³	310	316	325	337	350	354	360	347
Reinkoks	kg	890	850	810	760	730	690	650	610
(N+S)-Verbindungen	kg	6	6	6	6	6	6	6	6
o.Heizwert des Gases	kcal/Nm ³	3800	4190	4550	4860	5200	5370	5370	5200

Die erste Zeile in der Tabelle gibt den Wert 10 f an. Sind W, A und F, die als unabhängige Variable betrachtet werden können, durch eine Analyse festgestellt, lässt sich f bestimmen.

$$f = \frac{[100 \text{ kg} / 100 \text{ kg R}] \cdot F}{[100 \text{ kg} / 100 \text{ kg D}] - (W+A)}$$

Entnimmt man G der Tabelle, so ist

$$S = \frac{[100 \text{ kg} / 100 \text{ kg D}] - (W+A)}{100 \text{ kg} / 100 \text{ kg R}} \cdot G$$

Es lassen sich nun zwei Gleichungen schreiben:

- (1) $M = S + Z$;
- (2) $K_v = K_A - u - e \cdot Z$

Vernöge $M = S + Z$ und $MH_M = SH_S + ZH_Z$ findet sich

- (3) $K = S \cdot \frac{H_S - H_Z}{H_M - H_Z}$ und
- (4) $Z = S \cdot \frac{H_S - H_M}{H_M - H_Z}$

Unter Berücksichtigung von $K_A = \{ [100 \text{ kg} / 100 \text{ kg D}] - (W+F) \} k$

$$= k \{ [100 \text{ kg} / 100 \text{ kg D}] - W \} - k \frac{[100 \text{ kg} / 100 \text{ kg D}] - (W+A)}{100 \text{ kg} / 100 \text{ kg R}} \cdot f$$

schreiben sich also endgültig die beiden Beziehungen

- (5) $M = S \frac{H_S - H_Z}{H_M - H_Z}$;
- (6) $K_v = k \{ [100 \text{ kg} / 100 \text{ kg D}] - W \} - k \frac{[100 \text{ kg} / 100 \text{ kg D}] - (W+A)}{100 \text{ kg} / 100 \text{ kg R}} \cdot f - u - e \cdot S \frac{H_S - H_M}{H_M - H_Z}$

SECRET

Sind der Wasser- und Aschegehalt des sich auf U und e beziehenden Kokes bekannt, so sind auch diese beiden Größen bestimmt, sodaß bei gegebenem oberem Heizwert $H_M = H_{\mu}$ die beiden Normwerte M und K_V ausgerechnet werden können.

Es sind nun M und K_V mit μ und x_v zu vergleichen, wobei festgestellt werden soll, wie das Verhältnis von $M + K_V$ zu $\mu + x_v$ beschaffen ist. Dieses Verhältnis gäbe dann das Gütemaß η der Leistung des betrachteten Gaswerks. Es soll also eine Relation gelten von der Form

$$(7) \quad \eta (M + K_V) = (\mu + x_v)$$

Aus Dimensionsgründen folgt $\eta M = \mu$, $\eta K_V = x_v$ und als Bedingung für das Bestehen dieser beiden Gleichungen

$$(8) \quad \frac{K_V}{M} = \frac{x_v}{\mu}$$

Im allgemeinen wird aber das Normverhältnis nicht gleich dem praktischen sein, weil geringe Änderungen in bezug auf die Zusammensetzung der Kohle auftreten. Es müssen also äquivalente Normwerte gefunden werden, die in dem geforderten Verhältnis von $\frac{x_v}{\mu}$ stehen. Für die nähere Umgebung von K_V und M läuft dies auf die Bestimmung von $\frac{dK_V}{dM} = \lambda$ bei konstantem H_M und H_Z hinaus.

Werden in (6) dW und dA vernachlässigt, U und e als konstant betrachtet, was keine wesentliche Einschränkung bedeutet, dann lautet

$$(9) \quad dK_V = -k \frac{[100 \text{ kg}/100 \text{ kg D}] - (W+A)}{100 \text{ kg}/100 \text{ kg R}} df - ed \left(S \frac{H_S - H_M}{H_M - H_Z} \right)$$

$$= -k \frac{[100 \text{ kg}/100 \text{ kg D}] - (W+A)}{100 \text{ kg}/100 \text{ kg R}} df - \frac{e}{H_M - H_Z} d \left(S \frac{H_S - H_M}{H_M - H_Z} \right)$$

$$(10) \quad dM = d \left(S \frac{H_S - H_Z}{H_M - H_Z} \right) = \frac{1}{H_M - H_Z} d \left(S \frac{H_S - H_Z}{H_M - H_Z} \right)$$

Danach ergibt sich

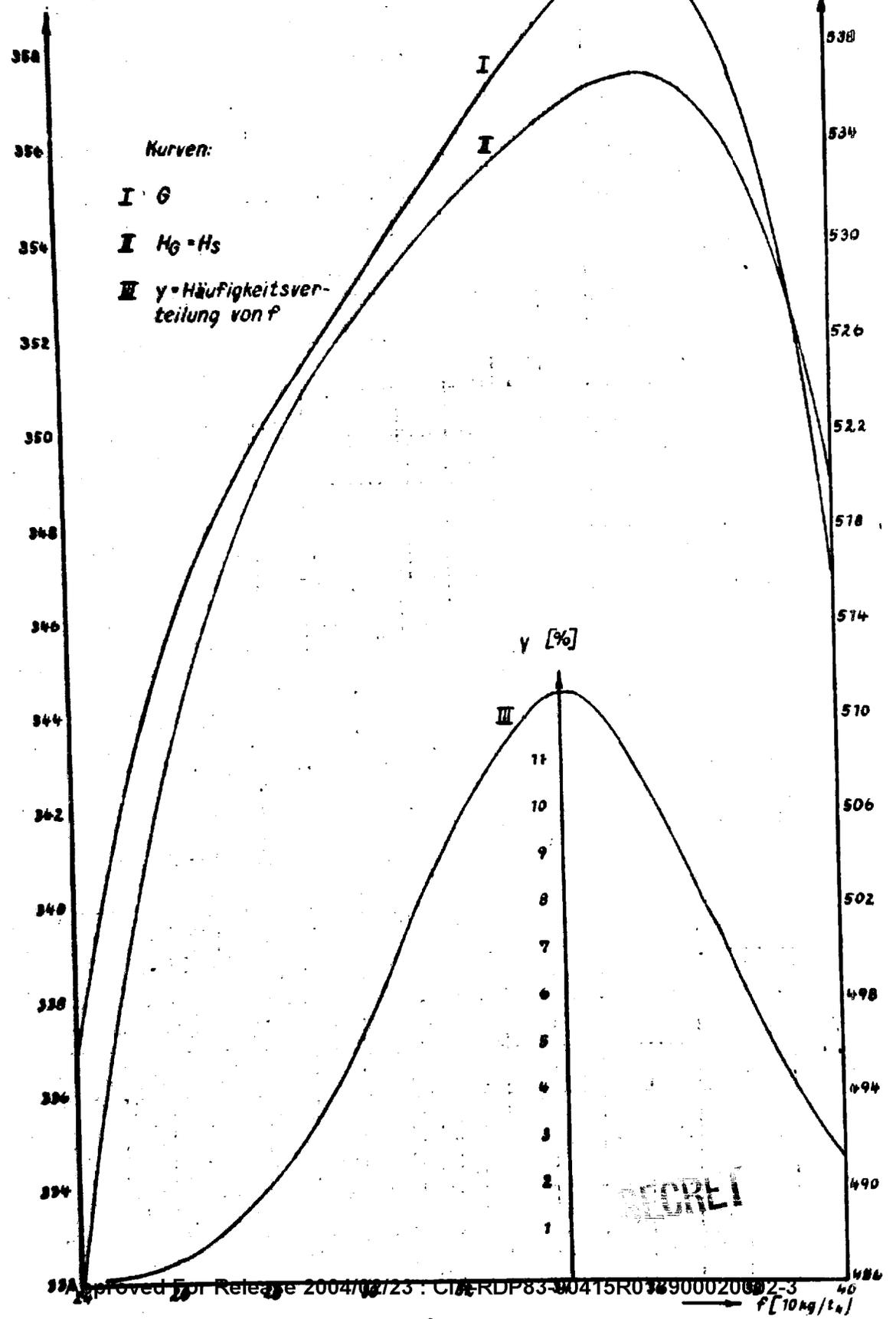
$$(11) \quad \frac{dK_V}{dM} = - \frac{k (H_M - H_Z) \frac{[100 \text{ kg}/100 \text{ kg D}] - (W+A)}{100 \text{ kg}/100 \text{ kg R}} df}{\left(S \frac{dH_S}{dS} + H_S - H_Z \right) dS} - e \cdot \frac{S \frac{dH_S}{dS} + H_S - H_M}{S \frac{dH_S}{dS} + H_S - H_Z} \quad \text{od: r}$$

$$(12) \quad \frac{dK_V}{dM} = - \frac{k (H_M - H_Z)}{\left(g \frac{dH_S}{dS} + H_S - H_Z \right) \frac{dS}{df}} - e \cdot \frac{g \frac{dH_S}{dS} + H_S - H_M}{g \frac{dH_S}{dS} + H_S - H_Z}$$

SECRET

SECRET

Approved For Release 2004/02/23 : CIA-RDP83-00415R013900020002-3 H₂ [10 kg/t_h]



SECRET

Bei mittels W, A und F gefundenem f kann sich also ausschliesslich auf die Tabelle 1 bezogen werden, was von grossem Vorteil ist. Der Differentialquotient ist also nur von f abhängig.

Um die $\frac{dK_v}{dM}$ numerisch zu erhalten, ist es notwendig, G und H_G als Funktion von f darzustellen. Hierzu werden in der Tabelle 1 mit f als Parameter zwei Interpolationspolynome gebildet. Die kurvenmässige Darstellung zeigt Abb.1. Damit das Maximum von G mit dem von H_G zusammenfällt, es befindet sich bei f = 36, werden die Interpolationspolynome so festgelegt, dass sie durch die den f-Werten 24, 28, 36, 40 entsprechenden Punkte gehen und bei f = 36 ein Maximum haben. Durch die Maximalbedingung bei f = 36 wird erreicht, dass $\frac{dH_G}{dG}$ stets positiv ausfällt, was im Hinblick auf die grossen Zahlenwerte von G $\frac{dH_G}{dG}$ notwendig ist.

Dass hierbei G und H_G bei f = 32 etwas verändert werden, ist nicht von Bedeutung, da es sich bei den Zahlenwerten ohnehin um Abrundungen handelt.

An (8) anschliessend lässt sich mit $K_v^?$, $M^?$ als äquivalenten Normwerten wegen

$$K_v^? - K_v = \lambda (M^? - M), \quad K_v^? = K_v + \lambda \Delta M, \quad M^? = M + \Delta M.$$

schreiben

$$(13) \quad \frac{K_v^?}{M^?} = \frac{K_v + \lambda \Delta M}{M + \Delta M} = \frac{x_v}{\mu}$$

Aus $\frac{K_v + \lambda \Delta M}{M + \Delta M} = \frac{x_v}{\mu}$ lässt sich das unbekannte ΔM bestimmen und danach das Gütemass der Leistung $\eta = \frac{x_v}{K_v + \lambda \Delta M}$

Es ist

$$(14) \quad \eta = \frac{x_v - \lambda \mu}{K_v - \lambda M}$$

Damit ist das Problem der Bestimmung von η gelöst, denn x_v, μ sind gegeben, während K_v, M, λ aus W, A, F mit Benutzung der Tabelle 1 berechnet werden können.

SECRET

SECRET

C. Statistik der Kohlenuntersuchungen.

Im allgemeinen wird es den einzelnen Gaswerken nicht möglich sein, laufende Untersuchungen der durchgesetzten Kohle auf W, A und F durchzuführen. Es treten kleinere oder grössere Abweichungen von den Ergebnissen der Probeanalysen auf. Eine genaue Trennung der Kohlensorten ist mit Schwierigkeiten verbunden. Die Beschaffenheit des für U und e benutzten Kokes ändert sich. Hervorzuheben ist vor allem, daß die in den monatlichen Gas-Betriebsberichten enthaltenen Zahlen statistische Mittelwerte und zum Teil mit Ungenauigkeiten behaftet sind.

Voraussetzung für eine genaue und gerechte Beurteilung ist eine umfassende Auswertung des über Kohlenuntersuchungen vorliegenden Zahlenmaterials.

24 über das Jahr 1949 verteilte Kohlenuntersuchungen verschiedener Gaswerke des Energiebezirks West ergeben als Mittelwerte (Gewichtsprozent)

I. W: 5.05 , A: 12,1 , F: 30.7 .

183 sich auf die Monate März, April, Mai, Juni 1949 beziehende Untersuchungen des Energiewerks Wittenberg führen zu den Mittelwerten

II. W: 2.62 ; A: $13,2 \pm 0.162^2)$, F: 28.9 ± 0.164 .

159 Untersuchungen der Großgaserei Magdeburg in den Monaten Februar, März, Mai, Juli, September, Dezember 1949 zeigen folgendes Bild:

III. W: 3.8 ± 0.16 , A: 7.5 ± 0.09 , F: 30.2 ± 0.18 .

Zur Bestimmung des statistischen Aschegehaltes \bar{A} der Gaswerke dürfen nur die Angaben unter I und II Berücksichtigung finden.

Gewogenes Mittel ist $\frac{24 \cdot 12,1 + 183 \cdot 13,2}{207} = 13,1$.

Als relativer mittlerer Fehler der Stichprobenerhebung kann aus II $\pm 1,22 \%$ übernommen werden. Als maximaler relativer Fehler können rd. $\pm 4 \%$ gelten, so daß \bar{A} mit 13.6 auf keinen Fall zu niedrig angesetzt ist.

2) \pm mittlerer Fehler der Stichprobenerhebung.

SECRET



Gewogenes Mittel für Wasser ist $\frac{24 \cdot 5.05 + 183 \cdot 2.62 + 159 \cdot 3.8}{366} = 3.33$

Der maximale relative Fehler beträgt rd. $\pm 15\%$, so daß \bar{W} nicht größer als 3.8 sein kann.

Aus I und II folgt als Mittelwert für F $\frac{24 \cdot 30.7 + 183 \cdot 28.9}{207} = 29.1$

Es empfiehlt sich nicht, Änderungen an diesem Wert vorzunehmen, da eine Erhöhung von F eine Verminderung des Kokes bedingt.

Nachstehend eine Übersicht über die gewonnenen Ergebnisse:

Wassergehalt \bar{W} 3.8 ; Reinkoks 53.5 ;

Aschegehalt \bar{A} 13.6 ; Rohkoks 67.1 ;

Verhältnis $\frac{\text{Rohkoks mit 10 \% Wasser}}{\text{Reinkoks}} = 1.39.$

Es ist nicht richtig, mittels \bar{W} , \bar{A} und \bar{F} ein mittleres \bar{f} und damit \bar{S} und \bar{H}_S zu bestimmen. Hierzu muss die Häufigkeitsverteilung von f herangezogen werden.

Aus den 159 Angaben der Großgaserei Magdeburg ist die Häufigkeitsverteilung berechnet worden. Die Gauß'sche Kurve ist aus Abb.1 zu ersehen.

Mit Hilfe der statistischen Wahrscheinlichkeit für f ist es möglich, ein mittleres \bar{S} und \bar{H}_S zur Berechnung der Ausgangsnormen zu bestimmen.

Die Häufigkeitsverteilung ist ebenfalls bei der Auffindung eines mittleren $(\frac{\sum f \cdot y_f}{\sum y_f}) = \bar{f}$ unentbehrlich.

Die statistische Verteilung der flüchtigen Bestandteile der Reinkohle ist für alle Gaswerke fast einheitlich, sofern es sich um Kohlen einheitlicher Herkunft handelt.

Mit y_f als Häufigkeitsordinate, $\sum_f y_f = 1$, folgen

$$\bar{S} = \sum_f y_f S_f ; \quad \bar{H}_S = \frac{\sum_f y_f S_f H_{Sf}}{\sum_f y_f H_{Sf}} ; \quad \bar{f} = \sum_f y_f f$$

Vernöge der Werte in Tabelle 1 lassen sich ohne weiteres \bar{S} zu 29.4 Nm³/100 kg D und \bar{H}_S zu 5 320 kcal/Nm³ bestimmen.

Für die Berechnung der \bar{f} müssen zunächst zahlenmässige Angaben über die f vorliegen.

SECRET

D. Unterfeuerungsverbrauch.

Der Unterfeuerungsverbrauch U wäre am vorteilhaftesten den Garantien der Gaserzeugungsöfen zu entnehmen, die sich im allgemeinen für jeden erbauten Ofen individuell errechnen lassen³⁾; für die Aufstellung technisch begründeter Normen geht man jedoch zweckmässigerweise von bestimmten Zahlenwerten aus und rechnet mit einem Reinkoksverbrauch für Unterfeuerung von 12 kg/100 kg D in Vollgeneratoröfen und von 17 kg/100 kg D in Halbgeneratoröfen. Diese Werte liegen im Mittel über den in der Literatur angegebenen Zahlenangaben und sind für Vertikal-kammeröfen reichlich bemessen, so daß sie sich gut als Normen eignen.

Schäfer-Langthaler⁴⁾ kommen bei einem Aschegehalt der Kohle von 13,6 % (Koksausbringen 70 %) auf einen Unterfeuerungsverbrauch von etwa 13,5 kg Koks/100 kg Rohkohle, also 15 kg Koks mit 10 % Wassergehalt je 100 kg Rohkohle, während die Normen mit Benutzung der Verhältniszahl Reinkoks mit 10 % Wasser = 1.39 für Werke mit Vollgeneratoröfen 16,7 kg Reinkoks mit 10 % Wasser je 100 kg Rohkohle und für Werke mit Halbgeneratoröfen 23,7 kg Reinkoks mit 10 % Wasser je 100 kg Rohkohle ergeben.

E. Ermittlung der Normwerte für den Koksverbrauch für die Herstellung des Zusatzgases. Die Verbrennungswärmen der verschiedenen Zusatzgase.

I. Wassergas.

Der Dampfverbrauch für die Wassergasherstellung im Wassergasgenerator wird in der Literatur⁵⁾⁶⁾ zu etwa 0,5 bis 0,7 kg Dampf je Nm³ Wassergas angegeben; bei unvollkommenen Anlagen und in den Entgasungsräumen der Ofen steigt der Verbrauch bis 1,6 kg Dampf/Nm³. Höhere Werte kommen nur bei niedrigem Zersetzungsgrad, d.h. bei unzweckmässig geführtem Betrieb und weniger sorgsamer Arbeitsweise, in Betracht. Für die Normen wird zweckmässig im Mittel mit 1 kg Dampf/Nm³ Wassergas gerechnet. Bei 7- bis 5-facher Verdampfung ergibt sich ein

3) siehe z.B. Arthur Steding, Wärmetechnik der Gaserzeugungsöfen, Essen-Kettwig 1947, S.79 ff.

4) A.Schäfer-E.Langthaler, Einrichtung u. Betrieb eines Gaswerks, München und Berlin 1929, S.61

5) vgl. Schäfer-Langthaler, a.a.O., S.344

6) vgl. A.Steding, a.a.O., S.154.

SECRET

Approved For Release 2004/02/23 : CIA-RDP83-00415R013900020002-3

Koksverbrauch im Dampfkessel von 0,143 bis 0,2 kg je Nm³ Wassergas; gewählt wird 0,2 kg Koks mit 10 % Wasser je Nm³ Wassergas.

Nimmt man mit Steding ein Wassergas an, das aus 4 % CO₂, 44 % CO und 52 % H₂ zusammengesetzt ist, wie es bei vielen Untersuchungen von Wassergas aus Gaserzeugungskammern als ungefährender Mittelwert gefunden wurde, so ergibt sich ein C-Verbrauch von 0.258 kg/Nm³ Wassergas. Bei einem Kohlenstoffgehalt des Reinkokes von 92 % (Koks aus schles.Kohle) entspricht dies 0.280 kg Reinkoks/Nm³ Wassergas und 0.39 kg Rohkoks mit 10 % Wasser/Nm³ Wassergas.

Bei dem längere Ausstehzeiten bedingenden Naßbetrieb entsteht ein zusätzlicher Wärmeverbrauch, der sich im wesentlichen aus der Wärmetönung bei der Wassergasbildung und dem Wärmeentzug aus dem Koks für die fühlbare Wärme des Wassergases und des unzersetzten Dampfes zusammensetzt. Bei periodisch betriebenen Vertikal- und Horizontalkammeröfen muss der gesamte Wärmeverbrauch von außen zugeführt werden, was in einem erhöhten Unterfeuerungsverbrauch zum Ausdruck kommt.

Legt man in Anlehnung an Schäfer-Langthaler⁷⁾ für die ersten 5 m³ 0.1 kg Reinkoks/m³, für die zweiten 5 m³ 0.15 kg Reinkoks/m³ und für die dritten 5 m³ 0.2 kg Reinkoks/m³ zugrunde, so erhält man eine zusätzliche Unterfeuerung von im Mittel 0.15 kg Reinkoks/m³ oder 0.21 kg Rohkoks mit 10 % Wasser/m³ Wassergas.

andererseits kommt Steding⁸⁾ in einem genaueren, allgemeinen Rechnungsgang zu niedrigeren Resultaten. Bei überhitztem Dampf von 300° C beträgt der Gesamtwärmebedarf rd. 800 kcal/Nm³ Wassergas. Mit einem feuerungstechnischen Wirkungsgrad des Generators von 80 %, einem Reinkokskohlenstoffgehalt von 92 %, der Verbrennungswärme des Kohlenstoffs von 8100 kcal/kg und bei Inanspruchnahme von 85 % der Gesamtwärme errechnet sich ein entsprechender Bedarf an Rohkoks mit 10 % Wasser zu $\frac{800 \cdot 0.85 \cdot 1.39}{0.8 \cdot 0.92 \cdot 8100}$ kg/Nm³ = 0.16 kg/Nm³.

Zu dem Rohkoksverbrauch von 0.2 kg/Nm³ für die Dampferzeugung und 0.39 kg/Nm³ für die Bildung des Wassergases treten also im Mittel 0.18 kg/Nm³ als zusätzliche Unterfeuerung, so daß sich als Summe 0.77 kg/Nm³ ergibt.

7) Schäfer-Langthaler, a.a.O., S.228

8) A. Steding, a.a.O., S.155

SECRET

SECRET

Der C - Verbrauch ist auf Rohkoks mit 10 % Wasser, umzurechnen, weil die mit ihm verknüpfte Aschenmenge bei der Nachbehandlung des Kokes abfällt, also nicht zum Gewicht des verkäuflichen Kokes, abgesehen von dem des Gruses, beiträgt. Die Qualität des Kokes wird durch das Dampfen nicht wesentlich beeinträchtigt (s. A.Steding, a.a.O., S.161 ff.).

Dieselbe Betrachtung gilt für die Bestimmung des Koksverzehrs für die Teilreduktion des eingesaugten Rauchgases (S.12).

SECRET

SECRET

Die Verbrennungswärme des Wassergases von oben angegebener Zusammensetzung beträgt rd. 2900 kcal/Nm³. In vielen Fällen hat Wassergas einen etwas höheren CO₂-Gehalt und N₂-Bestandteile, so daß eine Verbrennungswärme von 2800 kcal/Nm³ als wahrscheinlichster Wert betrachtet werden kann. Durch das schwer zu vermeidende Einsaugen von Rauchgas im Stadium der Wassergaserzeugung tritt eine Erniedrigung der Verbrennungswärme ein.

Es sei Z₁ reines Wassergas mit einer Verbrennungswärme H_{Z₁} = 2800 kcal/Nm³, Z₂ teilreduziertes Rauchgas mit einer Verbrennungswärme H_{Z₂} = 400 kcal/Nm³ (s. Abschn. über teilreduziertes Rauchgas, S. 11), H_Z die Verbrennungswärme des Wassergas-Rauchgasgemisches. Es läßt sich dann schreiben:

$$\begin{aligned} Z &= Z_1 + Z_2 \\ \frac{Z_2}{Z_1} &= \frac{H_{Z_1} - H_Z}{H_Z - H_{Z_2}} \end{aligned}$$

Das Verhältnis des teilreduzierten Rauchgases zum reinen Wassergas wird man nicht grösser als 1 : 5 annehmen können, so daß die Verbrennungswärme H_Z mindestens 2400 kcal/Nm³ beträgt. Dieser Wert wird für die Ermittlung der Normen verwandt.

Vermöge des Zusatzes von teilreduziertem Rauchgas zum reinen Wassergas senkt sich der Gesamtbedarf für die Herstellung des letzteren auf $\frac{5}{6} \cdot 0.77 \text{ kg/Nm}^3 = 0.64 \text{ kg/Nm}^3$, während die Entstehung des teilreduzierten Rauchgases eine Erhöhung von 0.01 kg/Nm³ bedingt, womit sich der Bedarf an Rohkoks mit 10 % Wasser für die Bildung von Z auf $e = e_1 = 0.65 \text{ kg/Nm}^3$ beläuft.

II. Generatorgas.

Für ein im Zentralgenerator erzeugtes Generatorgas mit etwa folgender Zusammensetzung:

$$6 \% \text{ CO}_2 + 28 \% \text{ CO} + 10 \% \text{ H}_2 + 56 \% \text{ N}_2 = 100 \% \text{ (Raumteile)}$$

errechnet sich die Verbrennungswärme zu

$$0.28 \cdot 3020 + 0.10 \cdot 3050 = 1151 \text{ kcal/Nm}^3 \text{ Generatorgas}$$

SECRET

und der Verbrauch an Kohlenstoff zur Bildung des Generator-
gases zu

$$(0,06 + 0,28) \cdot 0,536 = 0,182 \text{ kg C je Nm}^3.$$

Mit einem Reinkoks-Kohlenstoffgehalt von, 92 % und der Verhältnis-
zahl

$$\frac{\text{Rohkoks mit 10 \% Wasser}}{\text{Reinkoks}} = \frac{74,5}{53,5} = 1,39$$

entsteht ein Verbrauch von $1,39 \cdot \frac{0,182}{0,92} = 0,275$ kg Koks mit
10 % Wasser je Nm^3 Generatorgas.

Den weiteren Berechnungen ist eine Generatorgasverbrennungswärme
von i.H. 900 kcal/Nm^3 zugrunde gelegt, da das Generatorgas zur
Mischgasherstellung nur aus Einzelgeneratoren entnommen werden
kann. Für ein Generatorgas dieser Art ist als $e = e_2 \cdot 0,230$ kg
Koks mit 10 % Wasser je Nm^3 in Ansatz gebracht.

III. Rauchgas.

Soweit als Zusatzgas Rauchgas verwandt wird, muss unterschieden
werden, ob letzteres außerhalb oder innerhalb der Entgasungs-
räume beigemischt wird; in ersterem Falle sind die Verbrennungs-
wärme H_2 und der Koksverbrauch für die Zusatzgasherstellung
 e_3 gleich Null.

Die Verbrennungswärme des durch die Poren und Haarrisse der
Kammerwandungen eingesaugten teilreduzierten Rauchgases kann
nach Steding ⁹⁾ bis zu 1000 kcal/Nm^3 betragen.

Da der Zersetzungsgrad der Kohlensäure im Rauchgas im einzelnen
Fall nicht angegeben werden kann, ist es zweckmässig, mit einer
mittleren Verbrennungswärme zu rechnen. Diese bestimmt sich aus
dem Vergleich der mittleren Gütegrade mehrerer im Naßbetrieb
und mit Rauchgaszusatz in der Kammer arbeitenden Gaswerke zu
rd. 400 kcal/Nm^3 . Im Hinblick auf das in Frage kommende Intervall
von 0 bis 1000 kcal/Nm^3 erscheint dieser Wert für die Normfest-
legung als sehr brauchbar.

Die Bestimmung des Koksverzehrs für die Teilreduktion in kg Koks
mit 10 % Wasser je Nm^3 teilreduziertes Rauchgas, der mit e_4
bezeichnet wird, gelingt auf folgendem Wege:

9) A. Steding, a.a.O., S. 147

SECRET

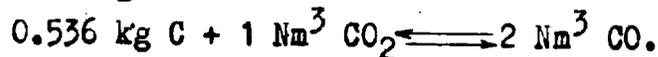
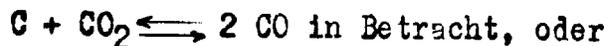
Mit Z als Menge des teilreduzierten Rauchgases, Z_1 und Z_2 als seinen unreduzierten bzw. reduzierten Komponenten, H_{Z_1} , H_{Z_2} und H_Z als entsprechenden Verbrennungswärmen, gilt

$$Z = Z_1 + Z_2$$

$$ZH_Z = Z_1 H_{Z_1} + Z_2 H_{Z_2} \text{ und wegen } H_{Z_1} = 0:$$

$$\frac{Z_2}{Z} = \frac{H_Z}{H_{Z_2}}$$

Wird der Einfachheit halber mit trockenem Rauchgas gerechnet, also der nicht ins Gewicht fallende Wasserdampfgehalt vernachlässigt, kommt nur die Reaktion



Zur Bildung von $1 \text{ Nm}^3 CO = 1 \text{ Nm}^3 Z_2$ ist demnach eine Kohlenstoffmenge von 0.27 kg erforderlich, die sich in einem Verbrauch von Rohkoks mit 10% Wasser von $\frac{0.27}{0.92} \cdot 1.39 \text{ kg} = 0.41 \text{ kg}$ ausdrückt.

$$\text{Gemäß } e_4 \cdot Z = 0.41 \text{ kg/Nm}^3 \cdot Z_2,$$

$$\frac{Z_2}{Z} = \frac{H_Z}{H_{Z_2}} \text{ und } H_{Z_2} = 3020 \text{ kcal/Nm}^3 \text{ findet sich}$$

$$\text{schließlich } e_4 = 0.41 \text{ kg/Nm}^3 \cdot \frac{400}{3020} = 0.055 \text{ kg/Nm}^3.$$

5.F. Abhitzekessel.

Bei einem Unterfeuerungsanfang der Ofen von 12 kg Reinkoks je 100 kg Rohkohle mit einem Kohlenstoffgehalt von etwa $92\% = 64,7\%$ im Rohkoks und einem Gehalt des Reinkokes an Wasserstoff von $0,7\%$, ergeben sich je 100 kg Kohle bei einem Wassergehalt des verwandten Rohkokes von 10%

$$\begin{aligned} & 17 \cdot \frac{C\%}{100 \cdot 0,536} \text{ Nm}^3 CO_2 + 17 \cdot \frac{2H\% + H_2O\%}{100 \cdot 0,804} \text{ Nm}^3 H_2O \\ & = 17 \cdot \frac{64,7}{100 \cdot 0,536} \text{ Nm}^3 CO_2 + 17 \cdot \frac{2 \cdot 0,7 + 10}{100 \cdot 0,804} \text{ Nm}^3 H_2O \\ & = 20,5 \text{ Nm}^3 CO_2 + 3,06 \text{ Nm}^3 \text{ Wasserdampf.} \end{aligned}$$

Haben die Abgase einen CO_2 -Gehalt von 10-14 %, so entstehen an Abgas $\frac{20.5 \cdot 100}{14}$ bis $\frac{20.5 \cdot 100}{100} + 3.06 = 147$ bis 205 +

$3.06 = 150$ bis 208 Nm^3 . Legt man eine mittlere spezifische Wärme von $C_p = 0.325$ für trockene Abgase und 0.37 für Wasserdampf zugrunde, so beträgt der Wärmeinhalt der Abgase für jeden Grad Temperaturdifferenz:

$$(147 \text{ bis } 205) \cdot 0.325 + 3.06 \cdot 0.37 = 51 \text{ bis } 70 \text{ kcal.}$$

Der nutzbare Wärmeinhalt der Abgase macht bei einer Abgastemperatur von 500° vor und 250° hinter dem Abhitzekessel

$$250 \cdot (51 \text{ bis } 70) = 12\,750 \text{ bis } 17\,500 \text{ kcal aus.}$$

Daraus errechnet sich bei einem Wirkungsgrad des Abhitzekessels von 0.85 und einem Wärmeinhalt des im Abhitzekessel gewonnenen Dampfes von 660 kcal (bei 6 atü) eine Dampfmenge von

$$\frac{12\,750 \text{ bis } 17\,500}{660} \cdot 0.85 = 16.4 \text{ bis } 22.5 \text{ kg Dampf je } 100 \text{ kg D.}$$

Wenn das nutzbare Temperaturgefälle zwischen 550 und 250° liegt, kann mit 20 bis 27 kg Dampf je 100 kg D gerechnet werden.

Hieraus folgt, daß im Abhitzekessel im allgemeinen und rund gerechnet soviel Dampf erzeugt werden kann, wie zur Wassergasherstellung im Bereich der Mischgasverbrennungswärme von 3900 kcal/Nm^3 aufwärts nötig ist.

Sind, wie oben gesagt, je Nm^3 Wassergas 0.2 kg Koks für die Dampferzeugung notwendig, so kann ein Abhitzekessel

$$\text{rd. } 0.2 \cdot (20 \text{ bis } 27) = 4 \text{ bis } 5.4, \text{ im Mittel etwa } 5 \text{ kg Koks}$$

mit 10% Wasser/100 kg D ersparen. Ferner folgt, daß bei Verbrennungswärmen von 3800 , vor allem aber darunter, die Hinzunahme von Dampf aus besonderem Dampfkessel nötig werden kann.

Bei Anschluss des Abhitzekessels an einen längeren Rauchgaskanal wären für Wärmeverluste 20% und bei dem Anschluss der Abhitzekessel an den Ofen in Form von schmiedeeisernen ausgemauerten und isolierten Rohrleitungen 5% abzusetzen. Da aber die Ofen mit oberer Absaugung der Rauchgase eine ungenügende Vorwärmung der Oberluft in der Rekuperation aufweisen, können beide Werte auf 20% abgestellt werden, so daß für Werke mit

SECRET

Naßbetrieb bei Ermittlung der Normwerte durchweg mit einer mittleren Ersparnis von 4 kg Koks mit 10 % Wasser je 100 kg D gerechnet worden ist.

G. Kurze Bemerkung über die Berechnung der Normwerte und ihren Vergleich mit den tatsächlich erzielten Ergebnissen.

Es ist nunmehr möglich, die Normen für das Ausbringen an Gas und verkäuflichem Koks aufzustellen und die $\bar{\lambda}$ zu berechnen. Zahlenwerte für verschiedene Betriebsweisen sind der dieser Schrift beigelegten Ausarbeitung für den praktischen Gebrauch in Gaswerken¹⁰⁾ aus Tabellen bzw. Kurvenblättern zu entnehmen.

Die Bestimmung der $\bar{\lambda}$ -Zahlenwerte ist verhältnismässig kompliziert, wie aus dem Beispiel auf S.22 hervorgeht. Da sie der Einfachheit halber mit positivem Vorzeichen erscheinen, findet sich

$$\bar{\eta} = \frac{\bar{\alpha}_v + \bar{\lambda} \bar{\mu}}{\bar{K}_v + \bar{\lambda} \bar{M}}$$

Um die tatsächlich erzeugten Gas- und Koksmengen mit den Normen vergleichen zu können, müssen die Normbedingungen berücksichtigende Zu- oder Abschläge gemacht werden. In den nachfolgenden Abschnitten wird der zahlenmässige Einfluss der Benzolerzeugung, Teerverkrackung usw. untersucht.

H. Berücksichtigung der Benzolerzeugung.

Der Rechengang ist bei Vernachlässigung einer Volumenkontraktion des Steinkohlengases folgender (B Benzol, g Gramm):

$$x \frac{g B}{Nm^3} \longrightarrow x' S \frac{g B}{Nm^3} = x \frac{kg B}{t D}$$

$$x' = \frac{1000 z}{S} \frac{Nm^3}{t D}$$

Die Änderung der Verbrennungswärme durch Benzol auswaschung beträgt $10 \frac{kcal}{g B}$ oder $x' \frac{g B}{Nm^3} \cdot 10 \frac{kcal}{g B} = 10 x' \frac{kcal}{Nm^3}$, also

$$\Delta H_s = 10000 z \frac{kcal}{t D}$$

Hiermit folgt als Zuschlag zur tatsächlich erzeugten Mischgasmenge

$$\Delta \mu = S \frac{\Delta H_s}{H_M - H_2} = \frac{1000 z}{H_M - H_2} \frac{kcal}{100 kg D} \quad \left(\text{Dimension } \frac{Nm^3}{100 kg D} \right)$$

und als Abschlag von der tatsächlich vorhandenen Menge an verkäuflichem Koks

$$\Delta \alpha_v = \Delta \mu \cdot e = \frac{10 z}{10} \frac{kg B}{100 kg D} \quad \left(\text{Dimension } \frac{kg B}{100 kg D} \right)$$

10) im folgenden als AIP zitiert

SECRET

hierbei ist d der Verbrauch an Rohkoks mit 10 % Wasser in kg für die Dampferzeugung zur Austreibung von 1 kg Benzol.

Rechnet man je Tonne Benzol einen mittleren Dampfverbrauch von 5 t, so ergibt sich bei 7-5facher Verdampfung im Dampfkessel ein Verbrauch von 0.7 t - 1 t Koks oder rd. 1 kg Rohkoks mit 10 % Wasser je kg Benzol.

Bei mit Rauch- oder Generatorgaszusatz arbeitenden Werken mit Abhitzeessel ist $d = 0$.

Hinsichtlich der Zahlenwerte s. AFP.

J. Die Auswirkung einer Teerverkrackung.

Bei einem mittleren Reinkohlegehalt der Rohkohle von 82,6 % beträgt die Norm für Teer, wie mit Hilfe der statistischen Verteilung der flüchtigen Bestandteile der Reinkohle festgestellt, rd. 4,3 kg/100 kg D.

Es bleibt zu untersuchen, wie gross der Einfluss einer Teerverkrackung ist, mit anderen Worten, wie sich eine zu geringe Teerproduktion auf das Ausbringen von Mischgas und verkäuflichem Koks auswirkt.

Bei einer Vergasung von 100 kg Teer, die vom Gasinstitut Karlsruhe durchgeführt wurde, ¹¹⁾ wurden 30 m³ Gas, jedoch keine Nebenprodukte erhalten (bis auf feine Kohlenstoffrückstände). Die Verbrennungswärme des Gases betrug rd. 4500 kcal/m³. Es wurden nur 15 % der gesamten Verbrennungswärme des Teers in Gasform gewonnen. Auf 1 kg Teer entfiel also eine Gasmenge von 0,3 m³.

Würde der Teer nach einer einfachen, aber unerlaubten Rechnung mit seiner gesamten Verbrennungswärme von etwa 8800 kcal/kg in Gas von 4500 kcal/m³ verwandelt, so wären etwa 2 m³ Gas je kg Teer das Ergebnis.

Eine rein theoretische Überlegung führt zu folgendem Ergebnis:

Wird ein fester Rückstand bei der Teervergasung, die mit einer Verkrackung, also Aufspaltung der hochmolekularen Kohlenwasserstoffe in niedrig molekulare verbunden ist, von rd. 0,55 kg/kg Teer angenommen, - bei einer Verkokung des Teers bleibt ein

SECRET

- 16 -

Rückstand von 40-65 %¹²⁾ -, so folgt ein Gasgewicht von 0,45 kg/kg Teer. Das spezifische Gewicht des Spaltgases wird um 1,5 kg/Nm³ liegen, so daß auf 0,45 kg Gewicht ein Volumen von 0,3 Nm³ entfällt. Diese Menge stimmt mit der vom Karlsruher Institut experimentell ermittelten überein.

Da 0,55 kg C - Rückstände eine Verbrennungswärme von etwa 4400 kcal haben, 0,3 Nm³ Spaltgas etwa 1350 kcal, bleibt noch die Differenz von etwa 3000 kcal zu klären.

Hierzu ist zu bemerken, daß die Aufspaltung der hochmolekularen K.W. im wesentlichen eine Reihe von exothermen Reaktionen darstellt. Da es sich bei der Teerverkrackung und -Vergasung um einen im thermodynamischen Sinne isothermen-isobaren Vorgang handelt, bei dem eine Enthalpieänderung eintritt, ist es ohne weiteres verständlich, daß sich bei den chemischen Umwandlungen eine Änderung der inneren Energie vor und nach der Zustandsänderung ergibt, die sich in einer starken Wärmetönung bemerkbar macht. Demgegenüber fällt der zweite Teil der Enthalpie, Druck mal Volumenzunahme, nicht ins Gewicht.

Beträgt die Abweichung von der Norm kg Teer/100 kg D, so gibt dies eine Spaltgasmenge von

$$\sigma = a \cdot 0,3 \cdot \text{Nm}^3 / 100 \text{ kg D}$$

Hieraus folgt

$$\delta_{\mu} = \sigma \cdot \frac{H_{\sigma} - H_2}{H_M - H_2} = a \cdot 0,3 \cdot \frac{4500 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3} - H_2}{H_M - H_2} \cdot \frac{\text{Nm}^3}{100 \text{ kg D}}$$

$$\delta_{\alpha_v} = e \sigma \frac{H_{\sigma} - H_M}{H_M - H_2} = a \cdot e \cdot 0,3 \cdot \frac{4500 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3} - H_M}{H_M - H_2} \cdot \frac{\text{Nm}^3}{100 \text{ kg D}} \quad (\text{Dimension } \frac{\text{kg}}{100 \text{ kg D}})$$

Zahlenwerte für δ_{μ} und δ_{α_v} können der AfP entnommen werden.

K. Zusätzlicher Unterfeuerungsbedarf infolge zu geringer Ausnutzung der Gaserzeugungsöfen.

Der zur Bestimmung der Norm an verkäuflichem Koks verwandte Unterfeuerungsverbrauch U bezieht sich auf normale Ausstezeiten und Ladegewichte. Wenn die Entgasungsräume infolge Kohlenmangels

12) "Hütte", Das Taschenbuch des Ingenieurs I, Berlin 1948, S.981

SECRET

oder aus anderen Gründen (Absatzschwierigkeiten, zu große gewählte Einheiten usw.) über die normale Zeit hinaus ausstehen bzw. nicht das normale Ladegewicht aufweisen, entsteht ein zusätzlicher Bedarf an Unterfeuerung.

Es sei

E die Anzahl der in Betrieb befindlichen Entgasungsräume mit gleichem Ladegewicht,

I das normale Ladegewicht t ,

g_w die tatsächliche Ausstehzeit im betrachteten Zeitraum h , im allgemeinen der Monat,

g_a die normale Ausstehzeit gemäss Garantien der Gaserzeugungsöfen, welche gegebenenfalls berechnet werden kann h ¹³⁾.

Hat ein Gaswerk je A_i verschiedene Entgasungsräume E_i in Betrieb, so bestimmt sich der virtuelle Durchsatz in allgemeinsten

$$\text{Form zu } D_{\text{virt}} = \sum_i A_i \frac{E_i \cdot F_i \cdot g_{wi}}{g_{ai}}$$

Der zusätzliche Unterfeuerungsbedarf schreibt sich als

$$U_2 = (U \frac{D_{\text{virt}}}{D} - U) \alpha = \alpha \cdot U \cdot (\frac{D_{\text{virt}}}{D} - 1)$$

Hierin bezeichnet D die innerhalb g_w durchgesetzte Kohlenmenge, α das Verhältnis

Unterfeuerungsaufwand ohne Berücksichtigung der Verkokungswärme
Unterfeuerungsaufwand mit Berücksichtigung der Verkokungswärme ¹⁴⁾

Es können folgende Zahlenwerte Verwendung finden:

$\alpha = 0,5$ für mittelgrosse Entgasungsräume

$\alpha = 0,6$ für kleine Entgasungsräume.

Zur Errechnung von D_{virt} wird bei Werken mit Naßbetrieb außer der Garungszeit g_g noch die Dampfzeit g_d benötigt, um

$g_a = g_g + g_d$ zu finden.

Für normale Verhältnisse ist

$$g_d = \frac{g_g \cdot Z_1}{38} \cdot h \quad 15)$$

13) Siehe z.B. A.Steding, a.a.O., S.55 ff.

14) " z.B. A.Steding, a.a.O., S.81

15) " A.Steding, a.a.O., S.159

Hierin bezeichnet Z_1 reines Wassergas in $Nm^3/100 \text{ kg D.}$
Für das zur Festlegung der Normen verwandte Wassergas-Rauchgas-Gemisch besteht die Beziehung $Z_1 = \frac{5}{6} Z$, so daß

$$g_d = \frac{5}{6} \frac{g_z \cdot z}{38}$$

und schließlich

$$g_a = g_z + \frac{5}{6} \frac{g_z \cdot z}{38} = \frac{g_z}{228} (228 + 5z)$$

L. Der Wassergehalt des von den Gaswerken in den Betriebsberichten angegebenen verkäuflichen Kokes und Koksverluste durch Verbrennung zwischen der Leerung der Entgasungsräume und dem Löschen und durch Abrieb.

Um x_v zu erhalten, muss die von den Gaswerken gemeldete Menge an verkäuflichem Koks $K_B^1 [t]$ mit einem Wassergehalt von $\varepsilon \%$ zunächst auf trockenen Koks umgerechnet werden.

Unmittelbar nach Entleerung der Entgasungsräume verbrennt ein Teil des an der freien Luft befindlichen glühenden Kokes, wodurch nach Siebel¹⁶⁾ eine Gewichtsverringerung von etwa 1 % hervorgerufen wird entsprechend einer Verbrennungszeit bis zum Löschen von höchstens 10 Minuten. Ein Koksverzehr durch Wassergasbildung tritt nicht ein, da die Temperatur des glühenden Kokes nach 10 Minuten 850° C beträgt. Der Gesamtverlust des trockenen Kokes einschl. Abrieb kann mit 1,2 % veranschlagt werden.

Da x_v sich auf Rohkoks mit 10 % Wasser bezieht, ist K_B^1 auf $K_B^2 = (1 - \frac{\varepsilon}{100}) \cdot 1,015 \cdot 1,111 = 1,13 K_B^1 (1 - \frac{\varepsilon}{100})$ umzurechnen.

Die Bestimmung des durchschnittlichen prozentualen Wassergehalts des als verkäuflich gemeldeten Kokes stösst in der Praxis auf große Schwierigkeiten. Eine statistische Untersuchung ergibt, daß im Jahresmittel der meisten Werke

ε bei 14 angenommen werden kann.

M. Die Verwendung von Rohbraunkohle und Braunkohlenbriketts für den Entgasungsprozess.

Je t für den Entgasungsprozess und die Benzolgewinnung verbrauchte Rohbraunkohle bzw. Braunkohlenbriketts sind 0,5 t bzw. 0,7 t Rohkoks mit 10 % Wasser abzurechnen. Die beiden Umrechnungsfaktoren folgen aus wärmetechnischen Untersuchungen.

16) Hans Siebel, Das Gas- u. Wasserfachs. Ges. 1906, Jahrgang Heft 5.

SECRET

und statistischen Betrachtungen. Es hat sich herausgestellt, daß bei einer Bewertung von 1 t Braunkohlenbriketts = 0,8 t Koks mit 10% Wasser die reduzierten Mengen an verkäuflichem Koks relativ zum Normalfall, also bei ausschließlicher oder fast ausschließlicher Verwendung von Koks, zu klein werden.

N. Berücksichtigung des Ofenalters.

Bezüglich des Ofenalters siehe AfP.

Über die Minderung des Ausbringens an Gas und verkäuflichem Koks infolge zu hohen Ofenalters und der damit verbundenen Abnutzung der Gaserzeugungsöfen liegen keine Literaturangaben vor.

O. Leistungsbewertung und Lohnproblem.

Wird den von H_M abhängigen Normen M und K_V eine Erfüllung von m Prozent zugeordnet, - in der Höhe des m , das für ein Gaswerk in Anlehnung an die Ausführungen des Tarifvertrages für die Energiewirtschaft in der Deutschen Demokratischen Republik vom 1. November 1949 normalerweise zwischen 120 und 130 festzulegen sein dürfte, kann die Berücksichtigung besonderer Betriebsverhältnisse, Erschwerungen usw., zum Ausdruck kommen, so überträgt sich dies unmittelbar auf das M und K_V entsprechende Produktionsergebnis μ und κ_V , für das die prozentuale Erfüllung $\bar{\eta}$ ist.

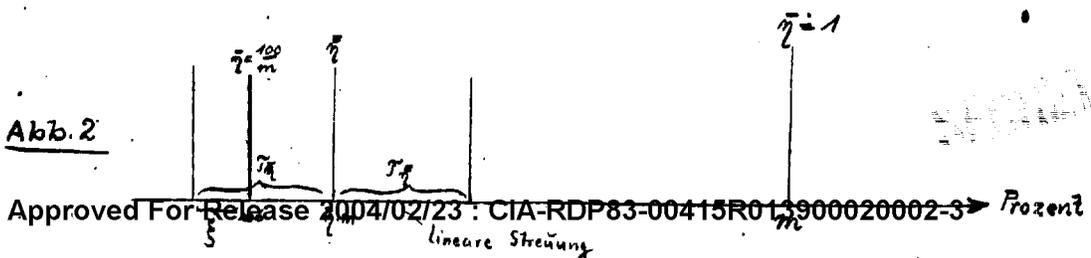
$\bar{\eta} = 1$ entspricht also der Normerfüllung,

$\bar{\eta} = \frac{100}{m}$ einer Leistung von 100 Prozent.

Das Proportionalsystem ist berechtigt, denn $\bar{\eta}$ ist der durchgesetzten Kohlenmenge umgekehrt proportional. Wird bei einer Leistung von 100 %, der Normgrenze, der Zeitlohn gezahlt, so beläuft sich der jeweilige Lohn, wenn von einem Zuschlag, wie er beim reinen Leistungslohn beim Überschreiten der Normgrenze gezahlt wird, abgesehen wird, auf

$$L_{\bar{\eta}} = \frac{m}{100} \cdot \bar{\eta} \cdot \text{Zeitlohn.}$$

Abb. 2



SECRET

Die (monatliche) Streuung des Asche- und Wassergehalts um die statistischen Mittelwerte beeinflusst natürlich den Wert von $\bar{\eta}$. Wenn ein Gaswerk ein mittleres $\bar{\eta} - \bar{\eta}$ erzielt, das wenig grösser ist als $\eta_{100} = \frac{100}{m}$, so kann es infolge Streuung des Wasser- und Aschegehaltes unter die 100 Prozent-Grenze kommen.

Da der Zeitlohn garantiert werden soll, ist die linksseitige Überschreitung der 100 Prozent-Grenze $\xi = 100 + \bar{\eta} - \bar{\eta}m$ rechts der 100 Prozent-Grenze zu berücksichtigen. Die Normgrenze ist also nach $200 + \bar{\eta} - \bar{\eta}m$ zu verschieben und erst von hier ab der über den Zeitlohn hinausgehende Prämienüberschuss zu zahlen.

F. Schlußbetrachtung.

Mit Hilfe des in der vorliegenden Arbeit entwickelten Systems ist es einmal möglich, Gas und Koks auf einen Nenner zu bringen und damit Gütegrade oder Wertzahlen für ein Gaswerk zu ermitteln, zum anderen, seine zukünftige produktionstechnische Entwicklung zu kontrollieren.

Ein Vergleich der Gaswerke miteinander verliert zwar infolge der nicht völlig von Unzulänglichkeiten freien Festlegung der $\bar{\eta} = 1$ entsprechenden prozentualen Erfüllung ein wenig an Schärfe, doch hat jedes Werk zum mindesten seinen eigenen absoluten Maßstab erhalten, an dem seine zukünftigen Leistungen gemessen werden können.

Alle für den Produktionsgang wesentlichen Einflüsse sind in ihrem gegenseitigen Zusammenhang betrachtet und miteinander verbunden worden. Da System und Methoden allgemein gehalten sind, kann das zukünftige statistische Zahlenmaterial stets eingebaut werden. Es kann sich auch in einzelnen Fällen als notwendig erweisen, die zur Festlegung der Normen erforderlichen Größen U, e usw. individuell zu bestimmen.

Eine Überprüfung der zum Energiebezirk West gehörenden Gaswerke anhand des in der Ausarbeitung für den praktischen Gebrauch in Gaswerken enthaltenen Auswertebogens führte zu sehr befriedigenden, mit der Erfahrung übereinstimmenden Ergebnissen.

SECRET

SECRET

Bisher nur qualitativ bekannte Tatsachen wurden hierbei in ihrer Größe bekannt.

Es zeigt sich vor allem, daß der Gütegrad bisher unbefriedigend arbeitender Gaswerke gegen Ende des Jahres 1949 durch die gemeinsamen Anstrengungen der Belegschaften, Betriebsführungen, TAN-Abteilung und gastechischen Hauptabteilung der Hauptdirektion eine Steigerung erfahren hat. Da die Grundvoraussetzung für eine genaue und gerechte Beurteilung der Gaswerke das in den monatlichen Betriebsberichten enthaltene Zahlenmaterial bildet, sollten die für die verschiedensten Zwecke benötigten Zahlen so gewissenhaft und genau wie möglich erstellt werden.

SECRET

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f	ΔH_f	ΔG	$\frac{\Delta H_f}{\Delta G}$	f	$\int_{25}^{27} \frac{\Delta H_f}{\Delta G}$	H_f	$H_f - H_2$	$\frac{H_f - H_2}{\Delta G}$						
24	128	5.00	25.6	340	270	407	253	1 123	178	0.1	18	1 103	0.09	0.09
25	94	3.55	26.5	344	311	504	204	1 175	260	0.4	96	1 059	0.09	0.09
26	68	2.50	27.2	347	343	512	272	1 215	329	0.7	230	1 095	0.09	0.63 $\frac{2 \cdot 10^2}{500} = 655 \cdot 10^{-7}$
27	50	1.95	27.0	349	341	518	278	1 219	440	1.6	705	1 093	0.09	1.44 $\frac{2 \cdot 10^2}{500} = 75.6 \cdot 10^{-2}$
28	36	1.45	26.2	351	318	522	282	1 200	575	2.7	1 550	1 080	0.09	2.43 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
29	29	1.45	2.0	352	704	526	286	990	697	4.3	3 100	870	0.08	3.78 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
30	25	1.40	17.6	354	630	528	288	918	778	6.4	4 980	792	0.08	5.57 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
31	23	1.40	16.4	355	581	530	290	871	820	8.7	7 140	751	0.08	7.49 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
32	20.2	1.45	13.9	356	495	532	292	787	873	10.6	9 250	667	0.08	9.00 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
33	17.0	1.30	13.4	358	480	534	294	774	962	12.0	11 550	654	0.08	10.08 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
34	13.2	1.01	13.0	359	467	536	296	763	1 297	12.5	16 200	643	0.08	10.50 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
35	8.3	0.42	10.2	360	367	537	297	664	3 580	11.4	40 900	544	0.08	9.35 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
36	- 7.1	-0.56	12.7	360	457	537	297	754	- 2 370	9.6	- 22 750	634	0.08	8.06 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
37	- 23.6	-1.27	13.0	359	467	535	295	762	- 667	7.5	- 5 300	642	0.08	6.30 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
38	- 51.8	-3.06	13.1	356	466	532	292	758	- 333	5.2	- 1 730	639	0.08	4.77 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
39	- 85.5	-6.51	13.1	351	460	524	284	744	- 207	3.3	- 684	624	0.08	2.77 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
40	- 125.0	-9.84	12.7	344	437	514	274	711	- 143	2.0	- 286	591	0.08	1.66 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
41	- 190.3	-13.81	13.8	335	462	501	261	723	- 100	1.1	- 110	603	0.08	0.91 $\frac{2 \cdot 10^2}{500}$
														84.79

Berechnung von f für $H_M = 2400 \text{ kcal/m}^3$, $H_N = 3600 \text{ kcal/m}^3$, $e = e_1 = 0.65 \text{ kg/m}^3$ (Nachtbetrieb)

mit H_M ist die Berechnung für alle H_M als Mittelwert für ein f -Teilintervall ist mit Differenzenquotienten zu rechnen.

25X1